DIE NATURWISSENSCHAFTEN

30. Jahrgang | 24. Juli 1942 | Heft 30/31

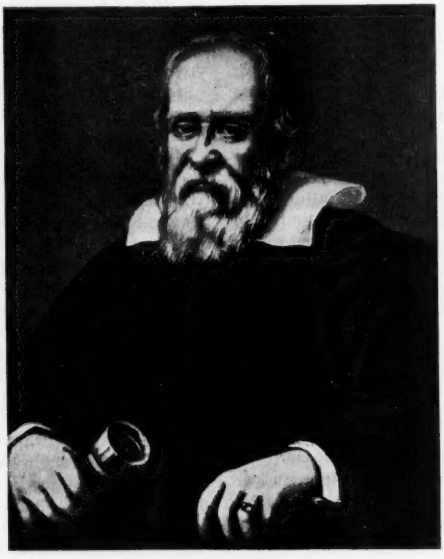
Galileo Galilei.

Zur 300. Wiederkehr seines Todestages.

Von H. PUPKE, Rostock.

Am 8. Januar 1642 schloß Italiens größter Naturforscher GALILEO GALILEI für immer die Augen. Die wissenschaftlichen Leistungen dieses genialen Forschers können nur dann voll gewürdigt werden, wenn zugleich die zu seinen Lebzeiten herrschenden Ansichten über die Natur und ihre Erkenntnis betrachtet werden.

Die antike Kultur wurde von den jungen germanischen und romanischen Völkern übernommen, in ihrem Geist wurden sie erzogen. Die Erziehung erfolgte durch die Kirche. Insbesondere erkannten seit dem 12. Jahrhundert hochbegabte Männer der Kirche in der weltlichen Lehre des griechischen Philosophen und Naturforschers ARISTOTELES die geeignete Ergänzung und zugleich ein wertvolles Hilfsmittel der theologischen Wissenschaft. Die je nach Bedürfnis umgestaltete und umgedeutete aristotelische Philosophie fand die unbedingte Anerkennung der Kirche; dementsprechend wurde der theologisch-aristotelischen Wissenschaft Form und Inhalt des Unterrichtes in den geistlichen Lehranstalten sowie in den im 14. Jahrhundert entstehenden Universitäten entnommen.



GALILEO GALILEI.

Daneben haben einzelne Persönlichkeiten des „dunklen" Mittelalters durch eigene Forschung dazu beigetragen, die Errungenschaften des Altertums zu fördern. JOHANNES PHILOPONUS (um 500) nahm z. B. in seinem Kommentar gegen die Bewegungslehre des ARISTOTELES Stellung; erinnert sei weiterhin an JORDANUS NEMORARIUS (um 1200), WILHELM V. OCCAM († 1349), NIKOLAUS V. CUSA († 1482), LEONARDO DA VINCI (1452—1519) und CARDANUS (1501—1576).

Die Grundlage griechischer Naturerkenntnis war philosophisches und mathematisches Denken. Nach ARISTOTELES bildet der „Logos" die Struktur des zu erkennenden Gegenstandes ab; der „Logos" ist aber nicht das Urteil, sondern der Schluß. Letztes Ziel der Erkenntnis ist es nicht nur zu wissen, *daß*, sondern *warum* die Dinge so sind, und das zeigt der Schluß. Die Naturerklärung des ARISTOTELES ist durch und durch teleologisch. Wenn auch die Griechen das Experiment nicht völlig vernachlässigt hatten, so war es in seiner Methodik doch noch nicht erkannt und vor allem für naturwissenschaftliche Fragen noch nicht planmäßig in Anwendung gebracht worden. Philosophisch begründet wurde die empirisch-induktive Methode erst durch FRANCIS BACON. Von ihr machten KOPERNIKUS, KEPLER und GALILEI neben der deduktiven Methode weitgehend Gebrauch: KOPERNIKUS und KEPLER in der Behandlung astronomischer Fragestellungen, GALILEI aber auch in der Behandlung physikalischer Fragen. GALILEI kann somit als einer der ersten Experimentalphysiker angesprochen werden[1]); zugleich war er aber auch ein bedeutender Mathematiker. Seine Untersuchungen fanden ihre Krönung in der Aufstellung von Naturgesetzen. Das den Ablauf des Vorgangs exakt beschreibende Naturgesetz tritt damit an die Stelle der aristotelisch-scholastischen „Formen". Wenn ARISTOTELES den Fall der Körper dadurch erklären wollte, daß sie als schwere Körper ihren „natürlichen Ort" im Mittelpunkt des Weltalls haben, so lehnt GALILEI die Frage ebenso ab wie die Antwort: nicht „warum", sondern „wie" die Körper fallen, heißt seine Frage, und sie wird beantwortet durch das Gesetz, zu dem die Analyse der Erfahrung, die mathematische Hypothese und ihre Prüfung durch das Experiment führt.

---

[1]) Als ersten Bahnbrecher der empirisch-induktiven Methode muß man wohl W. GILBERT erklären (de Magnate, 1600), den GALILEI auch zitiert.

GALILEO GALILEI wurde am 15. Februar 1564 zu Pisa geboren[2]). Zur Vorbereitung für den Besuch der Universität schickte der Vater den jungen GALILEI in das Kloster St. Maria zu Vallombrosa, wo er in aristotelisch-scholastischer Logik unterwiesen wurde. An der trockenen Art des Unterrichts mag GALILEI wenig Gefallen gefunden haben, — wenn auch die früh erworbene Gewandtheit in der Handhabung logischer Formen für seine späteren mündlichen Disputationen und literarischen Streite von großem Nutzen war. Aus dem Kloster ins elterliche Haus zurückgekehrt, wandte sich GALILEI künstlerischen Neigungen zu. Die Musik war für ihn eine Lieblingsbeschäftigung; auch nach der Seite der bildenden Kunst hin entwickelte er früh insbesondere als Zeichner ein hervorragendes Talent. Hätte ihm die Wahl des Berufes freigestanden, so hätte er sich der Malerei zugewandt, wie er selbst einmal äußerte. Aber der Vater verfolgte praktische Ziele. So bezog GALILEI 1580 die Universität Pisa, um zunächst Medizin zu studieren. In den Lehren altgriechischer Erkenntnis war ihm das Gebiet der Forschung angewiesen; als die Wurzel alles ärztlichen Denkens und Könnens galt das Studium des GALENUS (etwa 200 v. Chr.). Da GALILEI hierin keine Befriedigung fand, wandte er sich bald dem Studium der Mathematik und Physik zu. Schon als Student stellte er Beobachtungen und Versuche an. Von 1585 ab hielt er sich zur Fortsetzung seines Studiums in Florenz auf. Die Beschäftigung mit den Schriften des ARCHIMEDES führten ihn zur Konstruktion der hydrostatischen Waage, die er in der Schrift „La Bilancetta" beschrieben hat[3]). Als weitere Schrift verfaßte GALILEI 1587 seine vom Schwerpunkt verschiedener mathematischer Körper handelnden „Theoremata circa centrum gravitatis solidorum"[4]). Auf Grund seiner außergewöhnlichen Fähigkeiten wurde er mit 25 Jahren zum Professor der Mathematik in Pisa ernannt. Hier begann er nun, sich mit den Problemen der Bewegungslehre, vor allem mit den Gesetzen des freien Falles, näher zu beschäftigen. Seine Ergebnisse legte er in der Schrift „Sermones de motu gravium"[5]) nieder. Die Pisaer Professur vertauschte GALILEI nach 3 Jahren mit einer vorteilhafteren in Padua. Die nun folgenden Jahre wurden die fruchtbarsten seines Lebens. Seine Vorlesungen erwarben ihm europäischen Ruf, so daß bald Zuhörer aus allen Ländern herbeiströmten. 1606 verfaßte er: „Le operazioni de compasso geometrico e militare" (Padua); diese Schrift handelt vom Proportionalzirkel, mit dem die wichtigsten Operationen der Geometrie und Arithmetik für praktische Zwecke auf rein mechanischem Wege in einfachster Weise auszuführen waren. Die Forschungen über die Phoronomie trieb er weiter voran. Neben diesen rein physikalischen Problemen beschäftigten ihn auch astronomische Fragen, vor allem, um Beweise für die kopernikanische Lehre aufzufinden.

Großes Aufsehen erregte GALILEI, als er im Oktober 1604 den im Sternbild des Schlangenträgers erschienenen, nach einem Jahr wieder verschwundenen neuen Stern als Beweis gegen die aristotelische Lehre von der Unveränderlichkeit des Himmels benutzte. Aber erst, als er das 1608 in Holland erfundene Fernrohr in den Dienst seiner Untersuchungen stellte, gelang es ihm, jene Entdeckungen zu machen, die seinen Ruhm als Astronom begründeten und die er in seiner Schrift „Sidereus Nuntius" (Venedig 1610) niedergelegt hat. Er erkannte, daß die Oberfläche des Mondes gebirgig ist, daß die Milchstraße aus einer dichtgedrängten Menge kleiner Sterne besteht, daß im Sternbild des Orion statt 7 mehr als 500 Sterne vorhanden sind und daß die Zahl der Plejaden statt sieben 36 beträgt. Als weitere Erkenntnisse seiner astronomischen Beobachtungen seien genannt: die Jupitermonde, die erste Andeutung eines Ringsystems des Saturn, die sichelförmige Gestalt der Venus und die Sonnenflecken.

In Anerkennung seiner Verdienste um die Wissenschaft berief ihn COSIMO II. VON MEDICI 1610 als „ersten großherzoglichen Mathematiker und Philosophen" nach Florenz und ernannte ihn zum „ersten Mathematiker der Universität Pisa". GALILEI begrüßte die Übersiedlung nach Florenz um so mehr, als er nun ungestört durch Lehrtätigkeit seine Forschungen fortzusetzen gedachte.

1612 veröffentlichte GALILEI seine Schrift über die schwimmenden Körper: „Discorso intorno alle cose che stanno in su l'aqua o che in quella si muovono" (Florenz). GALILEIS Lehre ist im wesentlichen die des ARCHIMEDES; er führt die Begriffe der spezifischen und absoluten Schwere ein und definiert: „Ich nenne gleich spezifisch schwer die Materien, von denen gleiche Raumgrößen gleich viel wiegen", „aber gleich schwer in absoluter Schwere werde ich zwei Körper nennen, die gleich viel wiegen, auch wenn sie an Raumgröße ungleich wären."[6]) Das Hauptverdienst dieser Schrift liegt darin, daß hier zum erstenmal das Prinzip der gleichen Momente auf die Ableitung der Gleichgewichtsbedingungen flüssiger Körper angewandt wird. Zugleich hat diese Schrift — wie auch seine anderen Schriften — eine allgemeinere Bedeutung. GALILEI schrieb seine Gedanken in der Landessprache nieder und stellte sie außerdem gemeinverständlich dar. Diese Art der Behandlung eines wissenschaftlichen Problems trug sehr zur Auf-

[2]) Vgl. die biographischen Darstellungen in: v. GEBLER, Galileo Galilei und die römische Kurie (1876); EMIL WOHLWILL, Galilei und sein Kampf für die Kopernikanische Lehre (2 Bde. 1909 u. 1926); P. LENARD, Große Naturforscher (1937).

[3]) Diese Schrift wurde erst nach seinem Tode 1655 veröffentlicht.

[4]) Diese Schrift wurde 1638 als Anhang zu den „Discorsi" gedruckt.

[5]) Diese Schrift ist erst 1854 gedruckt worden.

[6]) Zitiert nach WOHLWILL, a. a. O. I, S. 410.

klärung über den Gegensatz zwischen alter aristotelischer und neuer Wissenschaft bei.

Die Ergebnisse seiner Beobachtungen über die Sonnenflecke faßte GALILEI in der Schrift: „Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti" (Rom 1613) zusammen[7]). Er lehrte, daß, im Gegensatz zum ptolemäischen Weltsystem, die Erde wie auch die anderen Planeten sich um die Sonne drehen und die Sonne sich zudem um ihre eigene Achse drehen muß. Damit bekannte er sich offen zu den Lehren des KOPERNIKUS, ließ sich aber auf die Frage nach ihrem Verhältnis zur Weltanschauung der Bibel nicht ein. Trotzdem wurde GALILEI 1615 bei der römischen Inquisition denunziert. In der Hoffnung, der kopernikanischen Lehre zum Siege zu verhelfen, begab sich GALILEI 1615 nach Rom, wo der erste Inquisitionsprozeß stattfand. Die beiden aus der Denunziation entnommenen Sätze: 1. „Die Sonne ist Zentrum der Welt und infolgedessen unbeweglich in örtlicher Bewegung", und 2. „die Erde ist nicht Zentrum der Welt und nicht unbeweglich, sondern bewegt sich in bezug auf sich selbst als Ganzes auch in täglicher Bewegung"[8]) wurden für philosophisch absurd und für ketzerisch erklärt. GALILEI wurde daraufhin ermahnt, die kopernikanische Lehre aufzugeben, sie weder zu lehren noch zu verteidigen. Dieser Ermahnung fügte sich GALILEI.

Erst 1623 erscheint eine neue Schrift: „Il Saggiatore" (Rom)[9]). Anlaß dafür bot das Auftreten des Kometen des Jahres 1618 und eine Schrift des Peripatetikers HORATIO GRASSI. In der Einleitung erwähnt er folgendes: „So wenig es ihm an Stoff gefehlt habe, andere Werke zu veröffentlichen, die vielleicht nicht weniger als die früheren unerwartete und für die Naturlehre folgenreiche Ergebnisse zutage gefördert hätten, so habe er doch seiner schlimmen Erfahrungen[10]) wegen vorgezogen, seine Gedanken in einem Kreise von Männern, die ihm als wahre und aufrichtige Freunde ergeben seien, mitzuteilen und zu besprechen. Wie sehr die Freunde bemüht gewesen, durch gute Gründe ihn in seinem Entschlusse schwankend zu machen, so habe doch das Verlangen, in Ruhe und ohne Streit zu leben, für ihn den Ausschlag gegeben. Aber er sehe jetzt, wie er auch durch Schweigen seinem Geschicke nicht entgehen könne; denn da er geschwiegen, sei man, da man ihm durchaus etwas anhaben wollte, darauf verfallen, die Schriften anderer als die seinen auszugeben"[11]). Die wesentliche Absicht der „Goldwaage" war eine polemische: Der Streit gegen GRASSI; an dauerndem Gewinn für die Wissenschaft ist sie vielleicht die ärmste, die GALILEI je geschrieben. GALILEI mag es selbst gefühlt haben. Er mußte wieder mit einem wissenschaftlich wertvolleren Werk an die Öffentlichkeit treten. So entstand der „Dialogo sopra i due sistemi de mondo" (Florenz 1632)[12]), der 1630 vollendet war. GALILEI hielt sich an die Vorschriften des Dekrets vom Jahre 1616 und diskutierte hierin nur die beiden Lehren, ohne selbst ein Urteil über ihren Wert zu fällen. GALILEI bewies hierin außerordentliche schriftstellerische Fähigkeiten. Das in Dialogform geschriebene Werk stellt eine Unterhaltung zwischen 3 Personen dar, nämlich SALVIATI, einem Gönner GALILEIS, der seine Ansichten vertritt, SAGEDRO, einem Freund GALILEIS, der als Vermittler auftritt, und SIMPLICIUS, der die Ansichten des ARISTOTELES vertritt. Die Unterhaltung findet an 4 Tagen statt. Über die kopernikanischen Grundlagen geht GALILEI nicht hinaus; die großen Entdeckungen, die durch TYCHO BRAHES Beobachtungen ermöglicht und von KEPLERS Genius ausgeführt waren, sind für ihn noch nicht vorhanden. So spricht GALILEI auch von kreisförmigen Bewegungen der Planeten, obgleich KEPLER schon 1609 die Unmöglichkeit dargetan hatte, bei kreisförmigen Bahnen die beobachteten Ungleichheiten der Planeten zu erklären[13]). „Die Beseitigung dieser Schwierigkeiten war unerläßlich, wenn es sich darum handelte, die kopernikanische Lehre zur wahren Astronomie des Sonnensystems zu erheben; sie war von untergeordneter Bedeutung, wo es darauf ankam, der überlieferten Weltanschauung gegenüber, die unermeßliche Überlegenheit der Vorstellung, die von der zweifachen Bewegung der Erde ausging, für jeden Denkenden zur Klarheit zu bringen[14]").Da sich GALILEI vorwiegend für die physikalische Seite des kopernikanischen Systems interessierte, so sind diejenigen Teile des Dialogs, die sich mit dieser beschäftigen, als die wertvollsten anzusehen, zumal hier viele Gedanken wiederkehren, die in den „Discorsi" nähere Begründung erfahren haben[15]). Von besonderem historischem Interesse ist der 4. Tag der Dialoge; er enthält die Beweise, die den Erscheinungen an der Erdoberfläche zu entnehmen sind, insbesondere die Lehre von Ebbe und Flut. GALILEIS Grundgedanke ist folgender: Wenn die Erde von West nach Ost rotiert und zugleich eine Progressivbewegung hat, so nehmen die einen Teile der Erde die Summe, die anderen die Differenz beider Geschwindigkeiten an. Das Wasser in den Meeresbecken kann diesem Geschwindigkeitswechsel nicht so schnell folgen. Wie in einer abwechselnd schneller und langsamer

[7]) Über Beobachtungen der Sonnenflecken durch KEPLER, FABRICIUS und SCHEINER vgl. WOHLWILL, a. a. O. I, S. 438ff.

[8]) Vgl. WOHLWILL, a. a. O. I, S. 615.

[9]) „Die Goldwaage". Der Titel ist als im übertragenen Sinn gebraucht zu verstehen.

[10]) Gemeint ist das Dekret von 1616.

[11]) Zitiert nach WOHLWILL, a. a. O. II, S. 42.

[12]) „Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme, das Ptolemäische und das Kopernikanische." Deutsch herausgegeben von E. STRAUSS. Leipzig 1891.

[13]) Die beiden ersten KEPLERschen Gesetze wurden in seiner Schrift „Astronomia nova de motibus stellae Martis ex observationibus Tychonis Brahe" (1609) ausgesprochen; das dritte in „Harmonice mundi" (1619).

[14]) WOHLWILL, a. a. O. II, S. 88.

[15]) Vgl. unten ihre Besprechung im Zusammenhang mit den „Discorsi".

bewegten wasserführenden Gondel staut es sich bald am Heck, bald am Bug. Die KEPLERsche Ansicht von der Anziehung des Mondes lehnt er ab. „Das Prinzip der relativen Bewegung ist ein richtiges Element in dieser Theorie, dasselbe ist aber so unglücklich angewandt, daß nur eine sehr trügerische Theorie sich ergeben konnte . . . Es liegt alles an der negativen Auffassung des Trägheitsgesetzes. Fragt man hingegen, *welche Beschleunigungen* erfährt das Wasser, so ist alles klar. Das *schwerelose* Wasser würde bei der ersten Umdrehung abgeschleudert, das *schwere* Wasser hingegen beschreibt eine *Zentralbewegung* um den Erdmittelpunkt. Es müßte bei seiner geringen Umlaufsgeschwindigkeit sich dem Erdmittelpunkt noch mehr nähern, wenn nicht durch den Widerstand der unterhalb liegenden Masse gerade so viel von der Zentripetalbeschleunigung aufgehoben würde, daß der Rest derselben eben zur Zentralbewegung in der Kreisbahn mit der gegebenen Tangentialgeschwindigkeit ausreicht . . . Man kann aber wohl hinzufügen, daß es für GALILEI beinahe unmöglich war, ohne übermenschliches Genie hierin bis auf den Grund zu sehen. Er hätte auch noch die großen Gedankenschritte von HUYGENS und NEWTON vorwegnehmen müssen[16])."

Obgleich die römische Kirche anfänglich die Druckerlaubnis erteilt hatte, wurde er dennoch zum zweiten Male des Ungehorsams angeklagt. In dem gegen ihn stattfindenden zweiten Inquisitionsprozeß mußte der nunmehr 68jährige Forscher die kopernikanische Lehre öffentlich und feierlich abschwören, wenn ihn nicht ein gleiches Schicksal wie GIORDANO BRUNO treffen sollte. Aber GALILEI hatte sein Lebenswerk noch nicht abgeschlossen. Die letzten Lebensjahre, die er als Gefangener der Inquisition verbrachte, benutzte er zur Abfassung seines 2. Hauptwerkes: „Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuove science attenenti alla meccanica e i movimenti locali" (Leiden 1638)[17]). Durch das Inquisitionsverbot war der Druck in sämtlichen katholischen Ländern vereitelt. Freundschaftlichen Bemühungen gelang es jedoch, die Herausgabe durch einen holländischen Buchhändler besorgen zu lassen. Als sein Buch erschien, war GALILEI 74 Jahre alt und schon seit einem Jahr erblindet.

Die „Discorsi" sind als das erste Lehrbuch der Physik anzusehen[18]). Auch sie stellen eine Unterhaltung zwischen SALVIATI, SAGEDRO und SIMPLICIUS dar. In dem „Dialog" und in den „Discorsi" sind GALILEIS Ergebnisse seiner physikalischen Forschungen zusammengestellt.

Die experimentelle Untersuchung der Pendelschwingungen führte GALILEI zum Gesetz des Isochronismus[19]) und auch zu dem Satz: „Bei Pendeln verschiedener Länge verhalten sich die Zeiten wie die Quadratwurzeln aus den Längen[20])." Zur Zeitmessung hat GALILEI das Pendel nicht benutzt, sondern die Zeit durch Wasserausfluß aus einem Eimer, der mit einem engen Kanal versehen war, gemessen[21]).

Zu größten Erfolgen gelangte GALILEI auf dem Gebiet der Kinematik. Er behandelte in den „Discorsi" die gleichförmige Bewegung, die gleichförmig beschleunigte Bewegung, und definiert: „Gleichförmig oder einförmig beschleunigte Bewegung nenne ich diejenige, die von Anfang an in gleichen Zeiten gleiche Geschwindigkeitszuwüchse erteilt[22])."Auf Grund dieser wichtigen Definition der Beschleunigung gelangte er zum Theorem I: „Die Zeit, in welcher irgendeine Strecke von einem Körper von der Ruhelage aus mittels einer gleichförmig beschleunigten Bewegung zurückgelegt wird, ist gleich der Zeit, in welche dieselbe Strecke von demselben Körper zurückgelegt würde mittels einer gleichförmigen Bewegung, deren Geschwindigkeit gleich wäre dem halben Betrage des höchsten und letzten Geschwindigkeitswertes bei jener ersten gleichförmig beschleunigten Bewegung"[23]) und zum Theorem II: „Wenn ein Körper von der Ruhelage aus gleichförmig beschleunigt fällt, so verhalten sich die in gewissen Zeiten zurückgelegten Strecken wie die Quadrate der Zeiten[24])". Er erkennt auch den Einfluß des Luftwiderstandes und sagt: „Wenn man den Widerstand der Luft ganz aufhöbe, alle Körper ganz gleich schnell fallen würden[25])." Weiterhin untersucht er die schiefe Ebene. Dem Trägheitsgesetz hat GALILEI die verschiedensten Formen gegeben: z. B. „Der Geschwindigkeitswert, den der Körper aufweist, ist in ihm selbst unzerstörbar enthalten, während äußere Ursachen der Beschleunigung oder Verzögerung hinzukommen"[26]), oder: „Danach ist also die Richtung des Laufs maßgebend für die Bewegung der Kugel, sie verläßt diese Linie nicht oder würde sie doch nicht verlassen, wenn ihr eigenes Gewicht sie nicht nach unten ablenkte"[27]). Auf Grund dieser Vorstellungen gelangt er im 4. Tag[28]) zum horizontalen, schiefen und reibungslosen Wurf und beweist, daß die Bahn eine Parabel ist. Damit hatte GALILEI die Fall- und Wurfgesetze festgestellt und wurde so zum Begründer der Dynamik.

Am 2. Tag des „Dialogs" äußert er sich über die Schwungkraft; ihre Gesetze konnte jedoch erst

[16]) E. MACH, Die Mechanik in ihrer Entwicklung. 9. Aufl. 1933, S. 209 u. 210.

[17]) „Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend." Deutsch in Ostwalds Klassiker der exakt. Wissenschaften, herausgegeben von A. v. OETTINGEN. Bd. 11 (4. Aufl. 1917), Bd. 24 (3. Aufl. 1913), Bd. 25 (3. Aufl. 1921).

[18]) Vgl. M. v. LAUE, Naturwiss. **26**, 129 (1938).

[19]) Ostwalds Klassiker Bd. 11, S. 75.

[20]) Ostwalds Klassiker Bd. 11, S. 85.

[21]) Ostwalds Klassiker Bd. 24, S. 26.

[22]) Ostwalds Klassiker Bd. 24, S. 11.

[23]) Ostwalds Klassiker Bd. 24, S. 21.

[24]) Ostwalds Klassiker Bd. 24, S. 22.

[25]) Ostwalds Klassiker Bd. 11, S. 65.

[26]) Ostwalds Klassiker Bd. 24, S. 57.

[27]) Dialog a. a. O. S. 184.

[28]) Ostwalds Klassiker Bd. 24, S. 80ff.

HUYGENS aufzeigen. Die Stoßprobleme behandelt er am 6. Tag der „Discorsi", gelangt aber trotz einer Reihe interessanter Experimente nicht zur Lösung des Problems, da er nicht zwischen elastischem und unelastischem Stoß unterscheidet[29]). Mit den Fragen der Festigkeit beschäftigt sich GALILEI am 1. und 2. Tag der „Discorsi"[30]), so daß er auch als der Begründer dieses Abschnitts der Physik angesprochen werden darf.

An der Schaffung der fundamentalen Begriffe: Kraft, Masse und Arbeit hat GALILEI bereits großen Anteil. Im 1. und 2. Tag der „Discorsi" setzt GALILEI noch Kraft gleich Gewicht; aber im 4. Tag spricht er bereits folgenden Satz aus: „Der Impuls in einem Endpunkte einer Parabel ist gleich der durch freien senkrechten, längs Sublimität[31]) und Höhe beschleunigten Fall erzeugten Geschwindigkeit[32])", unterscheidet also schon zwischen Impuls und Kraft, deren Maß die Beschleunigung ist. Den Begriff Masse vermochte GALILEI noch nicht zu klären, Masse und Gewicht setzt er immer gleich. Unter Arbeit versteht GALILEI die Leistung: „Es ist klar, daß die Kraft des Stoßenden oder des Gestoßenen nicht ein einfacher Begriff sei, sondern von 2 Momenten abhänge, welche beide die zu messende Energie (energia) bestimmen; das eine ist das Gewicht (il peso) des Bewegten und des zu Bewegenden, das andere ist die Geschwindigkeit, mit welcher jenes sich bewegt und diese bewegt werden soll"[33]). In diesem Zusammenhang behandelt GALILEI auch das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeit[34]). Er spricht das Prinzip so aus: „Zwei Kräfte sind im Gleichgewicht, wenn ihre Momente entgegengesetzt gleich sind"[35]).

[29]) Den 6. Tag scheint GALILEI nicht ganz vollendet zu haben. Vgl. Ostwalds Klassiker Bd. 25, Anm. S. 59.

[30]) Ostwalds Klassiker Bd. 11.

[31]) Eine von GALILEI eingeführte „Linie, durch deren Durchmessung beim Fall die horizontale Geschwindigkeit bestimmt wird". (Ostwalds Klassiker Bd. 24, S. 94.)

[32]) Ostwalds Klassiker Bd. 24, S. 109, Theorem VII.

[33]) Ostwalds Klassiker Bd. 25, S. 44.

[34]) Der Ausdruck „virtuelle Geschwindigkeit" wurde erst von J. BERNOULLI eingeführt.

[35]) Della scienza mec. III. Prop. 2 (zitiert nach HOPPE, Gesch. d. Physik S. 65); vgl. auch Dialog a. a. O. S. 226 (Anm. 86).

Auch das Prinzip der Erhaltung der lebendigen Kraft findet sich bei GALILEI angedeutet[36]).

Gelegentlich seiner Musikstudien beschäftigte sich GALILEI auch mit akustischen Fragen; die akustischen Intervalle, Konsonanz und Dissonanz sind ihm geläufige Begriffe; er beobachtet auch, daß beim Streichen einer Platte sich parallele Striche ausbilden[37]).

Aus der Optik sei die Konstruktion des Fernrohrs erwähnt. Im Zusammenhang mit der Schallgeschwindigkeit interessiert GALILEI auch die Frage nach der Lichtgeschwindigkeit. In den „Discorsi" beschreibt er eine Versuchsanordnung[38]), die freilich noch zu keinem Ergebnis führen konnte. Daß schief einfallende Strahlen geringere Intensität besitzen als senkrecht eintallende, war GALILEI auch schon bekannt[39]).

Zur Erklärung der Naturerscheinungen versucht GALILEI immer wieder atomistische Vorstellungen heranzuziehen. Obgleich er hierin nicht wesentlich über das Altertum hinausgekommen ist[40]), so hat er doch die Mikro- und Makrophysik unter einem einheitlichen Gesichtspunkt betrachtet und kann daher mit Recht als der Begründer der Physik der Materie bezeichnet werden.

Wäre es GALILEI vergönnt gewesen, seine Forschungen ungestört zu betreiben, so hätte er vielleicht noch manche Probleme geklärt, deren Lösung erst andere Forscher gefunden haben. Erinnert sei z. B. daran, daß sich bei GALILEI bereits die ersten Ansätze der Infinitesimalrechnung finden[41]).

Erst 95 Jahre nach seinem Tode wurde ihm in der Hauptkirche Sa. Croce zu Florenz eine würdige Ruhestätte gewährt. Die Grabtafel trägt die Inschrift:

GALILEO GALILEI,
der Geometrie, Astronomie, Philosophie großer Wiederhersteller,
keinem seiner Zeit vergleichbar,
ruhe hier in Frieden.

[36]) Vgl. Ostwalds Klassiker Bd. 24, S. 30ff.

[37]) Vgl. Ostwalds Klassiker Bd. 11, S. 85ff.; vgl. CHLADNIsche Klangfiguren.

[38]) Ostwalds Klassiker Bd. 11, S. 40.

[39]) Dialog a. a. O. S. 85.

[40]) Vgl. insbesondere in den „Discorsi".

[41]) Dialog S. 205, 212, 243, 394; Ostwalds Klassiker Bd. 11, S. 30, 32; vgl. auch MACH, a. a. O. S. 135.

Die Aufnahme von Edelgasen durch Metalle.

Von R. SEELIGER, Greifswald.

Dank der Zusammenarbeit mit der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung und der Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft konnte ich mich in den letzten Jahren mit meinen Mitarbeitern W. BARTHOLOMEYCZYK und W. FUNK mit Untersuchungen über das Eindringen von Edelgasen in Metalle beschäftigen. Diese Untersuchungen konnten zwar nicht vollständig zum Abschluß gebracht werden, und wir wissen auch nicht, wann dies nun möglich sein wird; wir verfügen aber bereits über ein recht ausgedehntes Beobachtungsmaterial und auch über einige, wahrscheinlich schon ganz gute Arbeitshypothesen, so daß es möglich ist, eine Übersicht zu geben über bisher Erreichtes und über damit zusammenhängende Fragen, die für die Grenzflächenphysik von Interesse sein können. Zu gegebener Zeit werden BARTHOLOMEYCZYK (dem die Aufklärung der Vorgänge in Hohlkathoden zuzuschreiben ist) und FUNK (von dem die Untersuchun-

gen über die Elementareffekte durchgeführt worden sind) diesen vorläufigen Bericht a. a. O. durch ausführliche Mitteilungen ergänzen.

Einleitend möchte ich erinnern an einige Ergebnisse anderweitiger Arbeiten über das Eindringen von Molekülgasen in Metalle (die z. B. in dem Buch „Gases and Metals" von SMITHELLS und in einem Bunsenvortrag von C. WAGNER besprochen sind). Molekülgase, insbesondere der Wasserstoff, werden bekanntlich unter normalen Bedingungen von vielen Metallen in beträchtlichen Mengen aufgenommen. Was sich dabei im Inneren des Metalls im einzelnen abspielt, ist hier unwesentlich; es genügt zu wissen, daß die Gase sich dort im atomaren Zustand befinden und daß sie sich ausbreiten durch einen „Diffusionsvorgang", d. h. durch einen Vorgang, der sich formal in den meisten Fällen beschreiben läßt durch die übliche Diffusionsgleichung. Von unmittelbarem Interesse für das Folgende ist nur, was dabei an der Grenzfläche zwischen Metall und Gas passiert. Hier liegen die

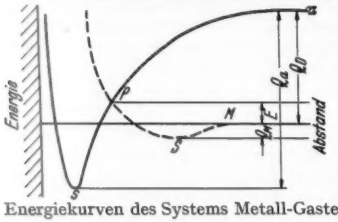


Fig. 1. Energiekurven des Systems Metall-Gasteilchen.

Dinge nun so: Die Gasmoleküle müssen aktiviert adsorbiert werden, d. h. unter Zerspaltung in Atome, und dann erst können diese Atome in das Innere eindringen, wodurch die eigentlichen Quellstellen für den Diffusionsstrom gespeist werden. Für theoretische Spekulationen im einzelnen — z. B. über eine Oberflächenwanderung der adsorbierten Atome, über aktive Stellen im Sinn TAYLORS usw. — ist hier natürlich viel Raum und es gibt auch schon recht viele diesbezügliche Arbeiten. Hierauf einzugehen, ist hier leider nicht möglich; nur einen Punkt möchte ich kurz besprechen. Es ist dies die Anwendung der bekannten Methode der Potentialkurven auf die hier interessierenden Grenzflächenvorgänge, die m. W. auf LENNARD JONES zurückgeht. In der Fig. 1 sind die Energien des Systems Metall-Gasteilchen in Abhängigkeit von der Entfernung des Gasteilchens von der Grenzfläche schematisch gezeichnet, und zwar für ein Atom (a) und für ein Molekül (M). Die Gleichgewichtslage adsorbierter Moleküle ist bei S, die adsorbierter Atome bei s. Die Dissoziationswärme im freien Gasraum ist Q_D, die Adsorptionswärme der Moleküle Q_M und die der Atome Q_a. Wenn ein Molekül die Grenzfläche anfliegt mit einer kin. Energie $\geqq E$, die zur Überwindung des Potentialberges zwischen S und P genügt — ein Tunneleffekt ist hier viel zu wenig wahrscheinlich, um praktisch eine Rolle zu spielen —, so kann es in P adiabatisch zerfallen und die entstehenden Atome können sich auf dem Weg Ps als solche adsorbiert anlagern. Bei der aktivierten Adsorption geht also das Gasteilchen als Molekül den Weg MSP und dann als Atom den Weg Ps. Der Energiebedarf E ist offenbar gerade das, was man üblicherweise als die „Aktivierungsenergie" bezeichnet, und die Bedingung für das Funktionieren des geschilderten Mechanismus oder genauer gesagt dafür, daß die Wahrscheinlichkeit für eine aktivierte atomare Adsorption größer ist als die für eine physikalische molekulare, ist, daß der Punkt s tiefer liegt als der Punkt S, d. h. daß $Q_a > Q_M + Q_D$ ist. Die in s adsorbierten (um s thermische Pendelungen ausführenden) Atome benötigen dann noch einer weiteren Aktivierungsenergie, um in das Innere des Metalls überzugehen und hier wiederum einer neuen Aktivierungsenergie, um die durch die Gitterstruktur bedingten Potentialschwellen überschreiten und diffundierend weiterwandern zu können. Auch hiervon kann man sich eine anschauliche Vorstellung verschaffen, wenn man das in Fig. 1 skizzierte Bild durch die Grenzfläche in das Metallinnere fortsetzt, wie dies nach dem Vorgang von FAST die Fig. 2 schematisch an einem Beispiel zeigt. Man kann an derartigen Bildern auch sofort ablesen, welcher Teilvorgang der maßgebende ist; nämlich offenbar der, dessen (positive) Aktivierungsenergie am größten ist (also z. B. für den in Fig. 2 gezeigten Typus der Übergang vom aktiviert-adsorbierten Zustand in das Metallinnere).

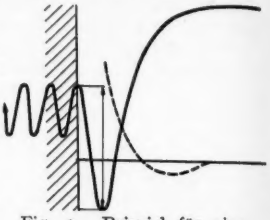


Fig. 2. Beispiel für eine vollständige Energiekurve.

Wenn so in der aktivierten Adsorption die notwendige Vorbedingung für das Eindringen molekularer Gase in Metalle und als Grund letzten Endes die Bereitstellung von Atomen erkannt worden ist, ist eigentlich zu erwarten, daß Edelgase ohne weiteres eindringen können. Die Erfahrung hat dies nicht bestätigt; sie hat im Gegenteil gezeigt, daß unter normalen Bedingungen von keinem Metall nachweisbare Mengen eines Edelgases aufgenommen werden. Es scheint mir das recht überraschend zu sein, und es ist nicht leicht, dafür eine Erklärung zu finden. Vielleicht liegen die Dinge so, daß es auf der Grenzfläche nur gewisse „aktive", d. h. für den Eintritt in das Metallinnere geeignete Stellen gibt, daß an diese die Atome mit einiger Wahrscheinlichkeit nur durch eine Wanderung (migration) auf der Oberfläche gelangen können, und daß nun einerseits diese Diffusion längs der Oberfläche eine Adsorption voraussetzt, eine solche aber andererseits für Edelgase nur bei sehr tiefen Temperaturen stattfindet und gerade dann die für das Eindringen erforderliche Aktivierungswärme nicht mehr zur Verfügung steht. Wie dem nun auch sei, jedenfalls dürfte es von erheblichem Interesse sein, daß Versuchsbedingungen gefunden

werden konnten, unter denen auch Edelgase in Metalle hineingebracht werden können.

Daß dies möglich ist, ergab sich ursprünglich aus gewissen Beobachtungen an Edelgasentladungsröhren. Es zeigte sich nämlich, daß solche Röhren u. U. schon in verhältnismäßig kurzer Zeit „hart brennen", d. h. daß ihre Brennspannung ansteigt, weil der Druck abnimmt, und ferner, daß das verschwundene Edelgas dabei ganz oder jedenfalls zum größten Teil offenbar von der Kathode aufgenommen worden ist, weil es aus ihr durch Erhitzen wieder ausgetrieben werden kann. Es sind sogar recht beträchtliche Mengen, die auf diese Weise in Metalle hineingebracht werden können; so waren bei einem von LOMPE in der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung durchgeführten Dauerversuch[1]) mit ständiger Zuführung neuen Gases, der sich allerdings über Jahre erstreckte, zuletzt immerhin bereits in 1 cm³ Metall rund 10 cm³ Gas, umgerechnet auf Atmosphärendruck, enthalten. Ein Verschwinden von Gas aus der Entladung, die sog. „Gasaufzehrung" (clean up), ist an sich für unedle Gase schon lange bekannt und schon in zahlreichen Arbeiten untersucht worden. Auch für Edelgase war das Vorhandensein einer Aufzehrung an sich nicht neu, sie spielte aber eigentlich nur die Rolle eines unerwünschten, offenbar irgendwie mit der Entladung verbundenen Nebeneffekts. Nach den vorhergehenden Ausführungen kann nun aber gerade diese Edelgasaufzehrung ein recht großes und vielleicht sogar grundsätzliches Interesse als grenzflächenphysikalischer Effekt beanspruchen, der systematisch untersucht werden mußte.

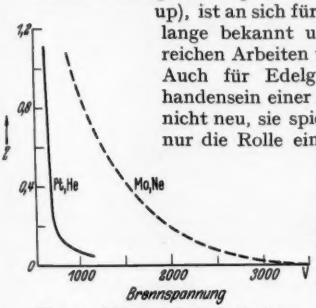


Fig. 3. Abhängigkeit der Lebensdauerzahl vom Kathodenfall.

Um eine orientierende, zunächst auf technische Belange ausgerichtete Übersicht über die Sachlage zu erhalten, sind H. ALTERTHUM und A. LOMPE bei der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung so vorgegangen, daß sie bei den verschiedensten Versuchsbedingungen an Entladungsröhren Lebensdauermessungen durchführten. Solche Lebensdauermessungen bieten vor allem den Vorteil, daß sich mit ihnen ohne komplizierte Nebenapparaturen und ohne dauernde Wartung Serienversuche durchführen lassen. Die Röhren werden nämlich — in geeigneter Weise formiert, stets auf denselben Anfangsdruck gefüllt und von der Pumpe abgeschmolzen — einfach solange an einem Transformator gebrannt, bis sie erlöschen, und dies ist dann nach Vorversuchen ein Zeichen dafür, daß der Druck in ihnen bis auf einen kleinen Bruchteil von 1 Torr abgesunken ist. Soweit die Geschwindigkeit dp/dt der Druckabnahme praktisch unabhängig vom Druck und proportional zur Stromstärke ist, kann man, um vergleichbare Angaben zu erhalten, noch die sog. „Lebensdauerzahl" Z an Stelle der tatsächlichen Lebensdauer T einführen durch $Z = T \cdot i/pV$, wo i die Versuchsstromstärke in mA, p der anfängliche Fülldruck in Torr, V das Rohrvolumen in cm³ und T in Stunden gemessen ist. Die Methode der Lebensdauermessung liefert natürlich nur Mittelwerte und ist schon deshalb nicht geeignet, Feinheiten des Aufzehrungsprozesses zu enthüllen, aber zu einer ersten Orientierung ist sie recht gut brauchbar. Von den Ergebnissen will ich hier nur zwei anführen, die physikalisch von Interesse sind: Wie sich gezeigt hat, hängt Z cet. par. stark vom Kathodenfall ab, und zwar in dem Sinn, daß es mit zunehmendem Kathodenfall abnimmt, d. h. also, daß die mittlere Geschwindigkeit der Aufzehrung zunimmt; die Fig. 3 zeigt dies an zwei typischen Beispielen. Das zweite Ergebnis bezieht sich auf die Abhängigkeit vom Kathodenmetall. Daß eine solche Abhängigkeit besteht, zeigt die Tabelle, die sich auf eine Reihe

Werkstoff	V_B	Z	Werkstoff	V_B	Z
Nb	315	4,7	Pb	430	17,0
Ta	320	4,9	Ni	360	17,2
Al	340	6,5	Cu	390	22,9
Ag	370	11,5	Cr	340	23,9
Fe	350	15,4	Mo	275	25,4
W	395	16,5	Mg	270	35,9

technischer Metalle in Neon bezieht (V_B = Brennspannung). Bemerkenswert ist daran, daß es nicht gelungen ist, einen Zusammenhang, auch nicht einen solchen qualitativer Art, mit irgendeiner bekannten physikalischen Kenngröße dieser Metalle zu finden; auch einen Zusammenhang mit der Struktur oder mit der Korngröße der Metalle scheint es nicht zu geben.

Diese letzteren Befunde deuten bereits darauf hin, daß der Aufzehrungsmechanismus offenbar von irgendwelchen noch unbekannten Materialeigenschaften abhängt. Um von solchen von vornherein möglichst freizukommen, haben wir uns deshalb auf Eisen als Kathodenmaterial beschränkt; Eisen wurde wegen seiner leichten Verarbeitbarkeit und Formierbarkeit und wegen seiner zunehmenden Bedeutung als Werkstoff für Elektroden gewählt. Um ferner freizukommen von der Abhängigkeit der Aufzehrgeschwindigkeit vom Kathodenfall, haben auch wir zunächst stets Hohlkathoden in Gestalt der üblichen Topfkathoden benutzt (die aus dünnem Eisenblech als Zylinder mit einem Boden verhältnismäßig einfach und in stets gleicher Güte hergestellt werden können). Hohlkathoden haben nämlich die Eigenschaft, daß in weitem Druck- und Strombereich der Kathodenfall fast konstant ist (in Ne bei ungefähr 200 V liegend). Insbesondere aber mußten die Lebensdauermessungen durch eine feinere Meßmethodik ersetzt werden, und als solche kam nur in Betracht die einer kon-

[1]) Hierüber wird HR. LOMPE a. a. O. eingehender berichten.

tinuierlichen, d. h. praktisch in hinreichend kleinen Zeitabständen vorzunehmenden Druckmessung. Sie liefert den zeitlichen Druckverlauf $p\ (t)$ und daraus bei bekanntem Rohrvolumen V die Zahl der in der Zeiteinheit verschwindenden Atome $dN/dt = 3{,}3 \cdot 10^{16} \cdot V \cdot (dp/dt)$. Diese Größe (die natürlich unabhängig vom Rohrvolumen V ist) soll, bezogen auf 1 Stunde und 100 mA, als „Aufzehrgeschwindigkeit" bezeichnet werden. Erforderlich war also vor allem ein über lange Zeiten zuverlässig und genau arbeitendes Druckmeßgerät, das außerdem kleines Volumen haben muß und insbesondere unmittelbar an einem von der Pumpe abgeschmolzenen Rohr angebracht werden kann, weil jeder Hahn auch bei Dauerkühlung durch flüssige Luft Aufzehrmessungen illusorisch macht. Als geeignet erwies sich eine von BARTHOLOMEYCZYK entwickelte Verbesserung des Piranimanometers (Fig. 4), bei dem die Temperatur des Heizdrahtes H über einen „Wärmeleitdraht" W thermoelektrisch gemessen wird; Fig. 5 zeigt einige Eichkurven mit der Heizstromstärke als Parameter für eine der benutzten Manometertypen. Ganz wesentlich ist ferner die Vorbereitung (Formierung) der Röhren, wobei insbesondere die Elektroden sorgfältig entgast werden müssen. Um möglichst definierte, gleichartige Versuchsbedingungen zu haben und so von vornherein unbekannte Parameter möglichst konstant zu halten, von denen die Aufzehrung abhängen könnte, wurde ein Formierungsschema ausgearbeitet und dann stets genau innegehalten, bestehend in Ausheizen (im elektrischen Ofen), Ausbrennen (durch Entladungen) und Auswirbeln (im Hochfrequenzfeld), und endigend mit dem definitiven Füllen und Abschmelzen der Röhren. Fig. 6 zeigt den Aufbau der meist benutzte Rohrtypen, Fig. 7 das Aussehen eines der später noch zu erwähnenden Doppelrohre im fertigen Zustand; man erkennt das Manometer und einen Stern magnetischer Verschlüsse, über die nach Bedarf nachgepumpt oder nachgefüllt werden kann. Als Füllgas diente stets spektralreines Neon. Insgesamt umfassen unsere Messungen bisher in bereits einigen zehntausend einzeln überwachten Brennstunden einen recht erheblichen Aufwand an Zeit und Arbeit, wie dies stets der Fall ist, wenn durchgreifende theoretische Leitgedanken nicht von vornherein zur Verfügung stehen, die zu untersuchenden Effekte von zunächst ganz unbekannten Parametern abhängen, und man angewiesen ist auf ein nur schrittweise mögliches, vorwiegend rein empirisches Sichvorwärtstasten auf mancherlei Umwegen.

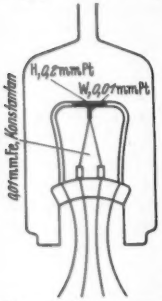


Fig. 4. Aufbauschema des Manometers.

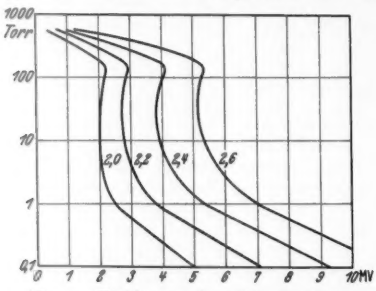


Fig. 5. Eichkurve eines Manometers.

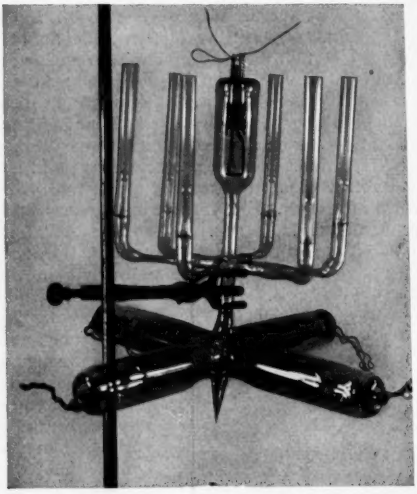


Fig. 7. Fertiges Versuchsrohr (Doppelrohr) mit Manometer und Verschlußstern.

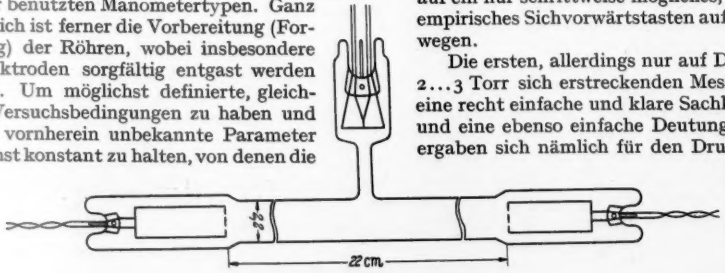


Fig. 6. Aufbau der Versuchsrohre.

Die ersten, allerdings nur auf Drucke unterhalb 2...3 Torr sich erstreckenden Messungen schienen eine recht einfache und klare Sachlage zu enthüllen und eine ebenso einfache Deutung zuzulassen. Es ergaben sich nämlich für den Druck in Abhängigkeit von der Brennzeit Gerade, d. h. eine konstante Aufzehrgeschwindigkeit, ferner Proportionalität der Neigung dieser Geraden mit der Stromstärke, d. h. Proportionalität der Aufzehrgeschwindigkeit mit der Stromstärke, und endlich eine sehr befriedigende Reproduzierbarkeit aller Ergebnisse.

Fast von selbst drängte sich hieraus die Deutung auf, daß die Aufzehrung in einem Einschuß von Ionen (die durch Umladung zum Teil bereits neutralisiert sein könnten) in das Kathodenmetall besteht. Auch das quantitative Ergebnis, daß dann etwa jedes tausendste Ion beim Auftreffen auf die Kathode in dieser stecken bleiben müßte, war ganz plausibel. Diese „Einschußhypothese" hat sich, um dies gleich vorwegzunehmen, im wesentlichen auch im weiteren Verlauf der Untersuchungen bewährt, wenn sich auch gezeigt hat, daß die Sachlage im einzelnen eine viel kompliziertere ist, und zwar leider eine so komplizierte, daß die vollständige Entwirrung große Schwierigkeiten macht. Abgesehen von der bereits erwähnten Langwierigkeit der Versuche an sich — ein Einzelversuch kann Hunderte von Brennstunden erfordern — hat man es auch hier eben offenbar wie bei vielen anderen Problemen der Grenzflächenphysik mit zum Teil schwer faßbaren oder überhaupt noch unbekannten Parametern zu tun, die zudem in ebenfalls noch unbekannter Weise miteinander verkoppelt sein können. Als das vielleicht eindringlichste Beispiel dafür sei folgendes erwähnt. Wie sich bald zeigte, war die erwähnte gute Reproduzierbarkeit der ersten Ergebnisse sozusagen nur einem glücklichen Zufall zu verdanken, gebunden wahrscheinlich an eine bestimmte Eisensorte. Mit Eisensorten aus anderen Produktionsgängen, die sich im übrigen von dem Eisen der ersten Art durch kein faßbares Kennzeichen unterschieden, ergaben sich nämlich weit weniger reproduzierbare und manchmal auch ganz unreproduzierbare Resultate, obwohl alle übrigen Versuchsbedingungen und insbesondere die Formierung der Rohre stets genau dieselben waren. Leider gilt dies auch für ein scheinbar so definiertes Material wie vakuumgeschmolzenes Elektrolyteisen, mit dem wir keine wesentlich besseren Erfolge erzielen konnten.

Immerhin haben sich aus den Messungen an Hohlkathoden eine Reihe von Schlüssen ziehen lassen, von denen die folgenden zwei von grundsätzlicher Bedeutung sind. Es ist das einmal der Hinweis auf eine Eigenschaft der Aufzehrung, die wir als „Zeiteffekt" — besser wäre vielleicht „Nachwirkungseffekt" — bezeichnet haben. Vorausgeschickt sei, daß die Ausdehnung der Messungen auf größere Druckbereiche eine sehr ausgeprägte Druckabhängigkeit der Aufzehrgeschwindigkeit ergab, und zwar in dem Sinn einer Abnahme mit zunehmendem Druck, wie das z. B. Fig. 8 zeigt. Die Ergebnisse dieser Art wurden so erhalten, daß ausgehend von einem rel. hohen Anfangsdruck — hier z. B. von 7 Torr — der Druck dauernd gemessen wurde, wobei die Kurve also in der Richtung von unten nach oben durchlaufen wurde. Damit schien ein Resultat gesichert zu sein des Inhalts, daß bei derselben Stromstärke zu jedem Druck eine bestimmte Aufzehrgeschwindigkeit gehört, diese also eine eindeutige Funktion von Druck und Stromstärke ist. Es zeigten aber dann weitere Versuche, daß man verschiedene dN/dt — p-Kurven je nach dem Ausgangsdruck erhält, und diese Befunde konnten schließlich nach mancherlei Irrwegen durch die Annahme gedeutet werden, daß die Aufzehrgeschwindigkeit auch noch abhängt von der vor ihrer Messung liegenden Beanspruchungszeit der Kathode, und zwar in dem Sinn, daß sie mit dieser Beanspruchungszeit abnimmt und sich ungefähr exponentiell einem Endwert nähert. Selbst im einfachsten Fall würde also die Aufzehrgeschwindigkeit nur darzustellen sein durch ein räumliches Diagramm, d. h. durch die Ordinaten einer Fläche über der Druck-Zeit-Ebene (wobei die Festlegung dieser Fläche wegen der bereits erwähnten schlechten Reproduzierbarkeit und der erforderlichen sehr langen Versuchs-

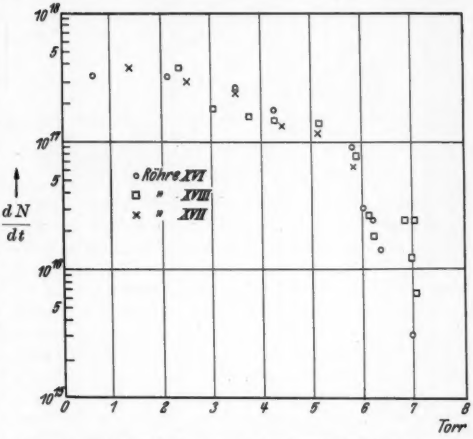


Fig. 8. Abhängigkeit der Aufzehrgeschwindigkeit vom Gasdruck.

dauern praktisch schon kaum mehr möglich sein dürfte). Am deutlichsten kommt dieser Zeiteffekt zum Vorschein bei den „Auffüllversuchen" und „Wechselversuchen". Bei den ersteren wird, ausgehend von jeweils praktisch demselben Anfangsdruck p_0 in jedem Teilversuch auf einen Druck $p < p_0$ herabgebrannt, und jedesmal vor Beginn des nächsten Versuches über den Füllstern neues Gas nachgefüllt. Es ergaben sich so bei kleinen Druckdifferenzen $p_0 - p$ für den zeitlichen Druckverlauf Kurven, die in der z. B. in der Fig. 9 gezeichneten Art liegen. Die Deutung ist die, daß zu dem Ende einer jeden solchen Kurve Versuchsbedingungen gehören, die von der zu ihrem Anfang gehörenden sich eben nicht nur durch den kleineren Druck, sondern auch durch die inzwischen verflossene Beanspruchungszeit der Kathode unterscheiden, und daß deshalb durch die Wiederherstellung des Anfangsdruckes durch Wiederauffüllen zwar der reine „Druckeffekt" eliminiert werden kann, nicht aber der „Zeiteffekt". Bei den Wechselversuchen wird in einem Doppelrohr nach Fig. 7 abwechselnd das eine und das andere Elektrodenpaar ohne Nachfüllen gebrannt,

woraus sich dann ebenfalls unmittelbar Schlüsse auf die Existenz eines Zeiteffekts ziehen lassen. Worauf dieser Zeiteffekt letzten Endes zurückzuführen ist, kann hier nicht erörtert werden, und es ist auch nicht möglich, auf manche interessanten Einzelheiten der Fig. 9 (wie z. B. auf die Zusammensetzung der Kurven aus fast geraden Teilstücken) einzugehen. Es sei nur noch bemerkt, daß ein Zeiteffekt nun auch allgemein hinsichtlich anderer Vorgänge an Glimmentladungskathoden zu erwarten und damit z. B. die recht wichtige

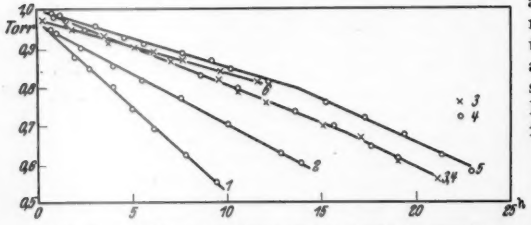


Fig. 9. Zeitlicher Druckverlauf bei den Wiederauffüllversuchen

und noch nicht genauer diskutierte Frage wieder aktuell geworden ist, wieweit man überhaupt von einem für ein Gas und ein Kathodenmaterial charakteristischen normalen Kathodenfall sprechen kann. Die zweite wichtige Folgerung aus den an Hohlkathoden durchgeführten Messungen ergab sich aus der Untersuchung ihrer inneren Oberfläche, nachdem sie in Dauerbrennversuchen beansprucht worden waren. Sie hat nämlich gezeigt, daß es auf ihr Stellen gibt, an denen Metall abgestäubt wird, und andere Stellen, an denen sich Metall niederschlägt, daß also in der Kathode eine „Materialwanderung" stattfindet. Verantwortlich ist dafür zu machen die Inhomogenität der Stromdichteverteilung über die Oberfläche, die ihrerseits druckabhängig ist (wie dies Stromdichtemessungen an unterteilten Kathoden ergaben). Das Wesentliche daran ist, daß die Abstäubungsstellen kein Gas aufgenommen haben, wohl aber die Niederschlagsstellen, was durch Herausschneiden der einzelnen Teile und separiertes Entgasen durch Erhitzung erwiesen werden konnte. Die Fig. 10 läßt die beiden Arten von Oberflächenbereichen an der Innenseite einer nach einigen tausend Brennstunden aufgeschnittenen und aufgerollten Hohlkathode deutlich erkennen (hier allerdings noch gestört durch eine azimutale Inhomogenität, die durch den Herstellungsprozeß dieser Hohlkathode bedingt ist).

Physikalisch von Interesse ist aber natürlich letzten Endes nicht so sehr die Aufklärung des Mechanismus der Aufzehrung in Hohlkathoden, dessen ganze Kompliziertheit nun bereits einigermaßen ersichtlich geworden sein dürfte, sondern die Aufklärung der Elementareffekte selbst, die bei der Aufzehrung als solcher eine Rolle spielen. Wir wissen jetzt, daß diese Elementareffekte in Hohlkathoden überdeckt werden von einer Reihe von Nebeneffekten, daß also Messungen an derartigen — im übrigen durch mancherlei meßtechnisch gute Eigenschaften ausgezeichneten — Kathoden nur sehr indirekt geeignet sind, Aussagen über die Elementareffekte zu vermitteln. Diese störenden Nebeneffekte sind insbesondere die bereits erwähnten, durch die Schlagworte Stromverteilung, Materialtransport und Zeiteffekt gekennzeichneten, wobei übrigens der dritte von ihnen wahrscheinlich noch auf die beiden anderen zurückgeführt werden kann. Nur wenn es gelang, zunächst einmal diese auszuschalten, konnten wir hoffen, an die Elementareffekte selbst herankommen zu können. Die üblichen Kathodenformen, wie etwa Scheiben oder an der Außenseite brennende Zylinder unterscheiden sich dabei nicht grundsätzlich von den Hohlkathoden, weil auch hier die einzelnen Oberflächenelemente nicht alle gleichwertig sind; aber

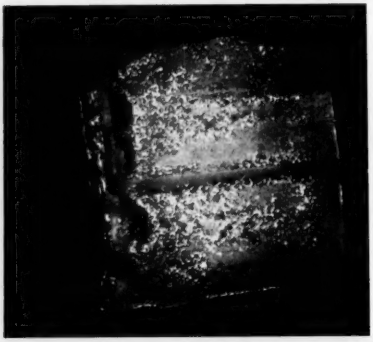


Fig. 10. Oberflächenbild der Innenseite einer Hohlkathode.

frei im Entladungsraum schwebende Kugeln, praktisch recht gut zu realisieren durch Kugeln an einem dünnen geschützten Haltedraht, müßten allen Anforderungen genügen, und mit solchen Kugeln ist es nun auch in der Tat gelungen, einen wesentlichen Schritt weiterzukommen.

Überlegen wir zuerst, was an einem Oberflächenelement einer derartigen Kathode überhaupt vor sich gehen kann (natürlich nur soweit die Aufzehrung damit unmittelbar zusammenhängt). Festhaltend an dem Grundgedanken der Einschußhypothese nehmen wir an, daß Gasatome durch die Grenzfläche in das Metallinnere hineingeschossen werden. Dieser primäre Einschußmechanismus kann beschrieben werden durch die sog. „Einschußfunktion" $f(x)$, die angibt, welcher Bruchteil der ankommenden Atome in der Tiefe x unter der Oberfläche stecken bleibt. Dazu kommen nun aber noch zwei andere Vorgänge elementarer Art, deren Zusammenwirken mit dem Einschuß erst die eigentliche Aufzehrung regelt. Es sind dies eine ständige Abtragung der jeweils obersten Metallschicht durch die Kathodenzerstäubung und eine Wiederauflagerung eines Teiles der bereits abgestäubten Metallatome durch die Rückdiffusion

aus dem Gasraum. Die beiden Effekte zusammen bedingen, daß sich die Metalloberfläche in den anfangs von Metall erfüllten Raum hinein mit einer gewissen Geschwindigkeit v verschiebt, wobei nun natürlich — worauf schon LOMPE gelegentlich hingewiesen hatte — jeweils die bereits mit eingeschossenen Gasatomen beladenen Oberflächenschichten abgetragen werden und das in ihnen befindliche Gas wieder befreit wird. Was man dabei als „Aufzehrung", d. h. als Druckabnahme wirklich feststellt, ist also die Differenz zwischen der primär eingeschossenen und zwischen der wiederbefreiten Gasmenge. Machen wir, wie dies übrigens nach den vorläufigen Ergebnissen von Austreibeversuchen wohl sicher erlaubt ist, die vereinfachende Annahme, daß die eingeschossenen Gasatome bei den in Betracht kommenden Kathodentemperaturen praktisch festliegen am Ort ihres Steckenbleibens im Metall, so können wir die eben entwickelte Vorstellung auch formelmäßig unschwer fassen. Das Ergebnis ist, daß die Aufzehrgeschwindigkeit dN/dt sich darstellen läßt durch $dN/dt = \int_{vt} f(x)\,dx$, wo, um dies nochmals zu wiederholen, f die Einschußfunktion und v die tatsächliche Abtragegeschwindigkeit der Metalloberfläche ist. dN/dt und v kann man unmittelbar messen (die jedoch außer von Druck und Stromdichte auch noch von der ganzen geometrischen Konfiguration der benutzten Anordnung abhängen, weil diese mitbestimmend ist für den Betrag der Rückdiffusion), und kann dann also Aussagen über f machen.

Ich kann auf die diesbezüglichen Versuche hier im einzelnen nicht eingehen, bei deren Durchführung natürlich mancherlei experimentelle Feinheiten zu beachten waren, wie z. B. der Einschluß der Kathodenkugeln in ein möglichst konzentrisches Kugelgefäß (von dessen Form die Rückdiffusion abhängt) und die Verwendung möglichst kleiner Manometer (um das Totvolumen möglichst klein zu halten). Die Fig. 11 zeigt eines der benutzten Rohre im fertigen formierten und gefüllten Zustand; rechts sieht man die Entladungsröhre, links das Manometer. Nur auf eine grundsätzliche Folgerung sei hingewiesen. Es dürfte nämlich plausibel sein, anzunehmen, daß $f(x)$ nicht nach Art einer Absorptionsfunktion mit zunehmender Tiefe x monoton, etwa exponentiell, abnimmt, sondern wie eine Glocke oder Zacke ein ziemlich steiles Maximum hat. Wir werden dann zu erwarten haben und können uns das auch unmittelbar anschaulich oder aus der oben angegebenen Formel rechnerisch klar machen, daß dN/dt von einem größten Anfangswert ziemlich rasch auf einen konstanten Endwert abnimmt, wobei die Anfangsneigung den reinen Einschuß wiedergibt, und der konstante stationäre Endwert erreicht ist, wenn die Abtragung der ursprünglichen Oberfläche bis zu dem Maximum der Einschußzacke fortgeschritten ist; je nach der Steilheit der Zacke wird der Übergang der Anfangsneigung in den Endwert mehr oder weniger abgerundet erfolgen.

Wie die Fig. 12 an einem Beispiel zeigt, bestätigen die Meßergebnisse diese Erwartung. Für den Anfangswert von dN/dt ergibt sich aus ihr $5 \cdot 10^{19}$ Atome/Stunde · 100 mA, der also ebenfalls in Übereinstimmung mit unseren Überlegungen wesentlich (um rund zwei Größenordnungen) höher liegt als der z. B. nach Fig. 8 an Hohlkathoden fest-

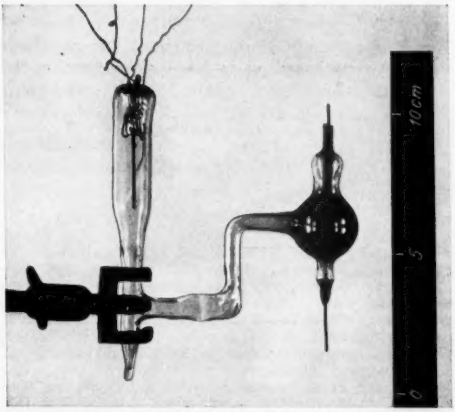


Fig. 11. Versuchsrohr zur Untersuchung der Elementarvorgänge.

gestellte Höchstwert. Auch das Ergebnis, daß der stationäre Endwert um so später erreicht wird, je höher der Gasdruck ist, ist in bester Übereinstimmung mit der Theorie. Es nimmt nämlich mit zunehmendem Druck die Rückdiffusion zu und deshalb die Abtragegeschwindigkeit v ab (wobei wohl angenommen werden darf, daß die Einschußtiefe bei konstantem Kathodenfall praktisch unabhängig vom Druck ist). Bei den Versuchen dieser Art sind bezüglich des weiteren Verlaufs der Druckabnahme gewisse Komplikationen eingetreten, aber insgesamt sprechen alle bisherigen Befunde doch schon recht überzeugend dafür, daß es in der Tat gelungen ist, nun die Elementarprozesse des Teilcheneinschusses und der Wiederbefreiung von eingeschossenem Gas durch die Kathodenzerstäubung zu erfassen. Ehe man an eine geschlossene, möglichst auch quantitative Darstellung denken kann, sind allerdings noch mancherlei Teiluntersuchungen zu erledigen; insbesondere muß man die Kenntnis der Kathodenzerstäubung und die der Rückdiffusion noch wesentlich erweitern und sichern.

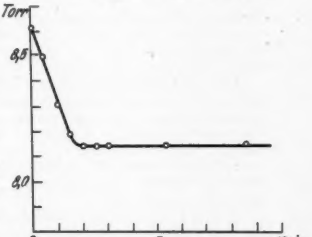


Fig. 12. Erfassung des ungestörten Teilcheneinschusses.

Noch nicht befriedigend konnten wir bisher die Ursachen klären, die den im vorhergehenden nur gestreiften Störungen der Reproduzierbarkeit und Komplikationen im Verlauf der Aufzehrungskurven zugrunde liegen. Sie scheinen ohne ersichtlichen Zusammenhang mit den makroskopischen Versuchsbedingungen oder mit faßbaren Materialeigenschaften der Elektroden aufzutreten. Vielleicht hat man es dabei mit allgemeineren grenzflächenphysikalischen Fragen zu tun, bei denen es sich um die Definiertheit der physikalischen Eigenschaften einer Metalloberfläche an sich und um die Möglichkeiten handelt, überhaupt „homogene" Oberflächen reproduzierbar herzustellen; zum Teil spielen dabei aber auch die Strukturunterschiede u. dgl. der tieferliegenden Schichten eine Rolle, die wegen der Abtragung durch die Kathodenzerstäubung dann später zu Oberflächenschichten werden. Trotz dieser Lücken dürfte immerhin alles in allem durch unsere Untersuchungen aber nun schon im wesentlichen geklärt sein, worum es sich bei der Aufnahme von Edelgasen durch Metalle überhaupt handelt, welche Teileffekte elementarer Art dabei zusammenwirken, und in welcher Richtung die grundsätzlichen Problemstellungen liegen.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Über Elektronenbrems- und -Rekombinationsstrahlung in Gasentladungen.

Der eine von uns hat vor einigen Jahren eine Theorie veröffentlicht[1]), nach der die ausgedehnten kontinuierlichen Spektren stromstarker Entladungen, also besonders die kontinuierlichen Funken- und Bogenspektren, als Strahlung der Elektronen in den Feldern der positiven Entladungsionen zu deuten sind. Dabei hängt es von der mittleren Elektronengeschwindigkeit ab, ob Bremsstrahlung (frei-frei-Übergänge) oder Rekombinationsstrahlung (frei-gebunden-Übergänge, Grenzkontinua) überwiegen.

Unsöld[2]) hat diese zunächst stark angezweifelten Überlegungen quantitativ verschärft für den Fall von Entladungen im thermischen Gleichgewicht. Unter der Annahme der Wasserstoffähnlichkeit der beteiligten Zustände und unter Berücksichtigung der Erniedrigung der effektiven Ionisierungsspannung durch die interatomaren Felder (Verschmierung der höchsten Terme) gelangte Unsöld zu der folgenden Formel für die je Frequenzeinheit, Raumwinkeleinheit, cm^3 und sec von der Entladung emittierte Energie:

$$4\pi\varepsilon_\nu = \frac{128\pi^3}{3\sqrt{3}}\left(\frac{e^2}{hc}\right)^3 \cdot Z_{eff}^2 \cdot \gamma \cdot p\, e^{-\frac{e \cdot V_{eff}}{kT}},$$

worin die effektive Kernladungszahl $Z_{eff} = 1$ gesetzt werden darf, während γ das statistische Gewicht des Grundzustandes des betreffenden Atoms, p der Gasdruck und V_{eff} die effektive Ionisierungsspannung ist.

Die nach der geschilderten Theorie durch Elektronenbremsung bzw. -Rekombination zu erklärenden kontinuierlichen Entladungsspektren müssen also den folgenden Bedingungen genügen, die demnach zur Prüfung der Theorie benutzt werden können:

1. Die kontinuierlichen Spektren müssen weitgehend frei von individuellen Eigenschaften des Entladungsgases oder -Dampfes sein.

2. Die Intensität des Kontinuums muß quadratisch mit der Stromdichte zunehmen, da sie der Zahl der Zusammenstöße zwischen Elektronen und positiven Ionen proportional ist.

3. Abgesehen von dem kurzwelligen Gebiet in der Nähe der $h\nu$-Grenze muß die gegen Frequenzen bzw. Wellenzahlen aufgetragene spektrale Energie $J(\nu)$ konstant sein, da ν in der obigen Formel nicht vorkommt.

4. Die Temperaturabhängigkeit der Intensität des Kontinuums muß $e^{-\frac{V_{eff}}{kT}}$ entsprechen, unter Berücksichtigung der T-Abhängigkeit von V_{eff}.

5. Die Intensität muß dem Gasdruck proportional sein.

6. Die Absolutintensität muß mit der durch die Formel gegebenen übereinstimmen.

Dabei sollten die Bedingungen 1 und 2 ganz allgemein für Bremskontinua gelten, während die Bedingungen 3—6 an die Voraussetzung thermischen Gleichgewichts, die der Formel zugrunde liegt, gebunden sind.

Systematische Prüfungen der Bedingungen 3—6 wurden bereits am Kontinuum des Hg-Hochdruckbogens sowie dem des wirbelstabilisierten Kohlebogens durchgeführt[3]), also bei einigermaßen gesichertem thermischem Gleichgewicht, und haben qualitativ gute und quantitativ einigermaßen befriedigende Übereinstimmung mit der Theorie ergeben.

Eine Prüfung der von der Theorie geforderten Bedingungen 1—3 an Funkenspektren unter Variation von Gasart, Gasdruck und Stromdichte schien nun von besonderem Interesse, zumal sie auch einigen Aufschluß über Zustand und thermisches Verhalten des Funkenplasmas zu geben versprach. Die spärlichen bisher an Funkenspektren durchgeführten Untersuchungen[4]) beziehen sich nur auf die Frage der Intensitätsverteilung (Bedingung 3) und geben kein einheitliches Bild.

Wir haben deshalb aperiodische Kondensator-Stoßentladungen durch Hartglaskapillaren mit Füllungen von He, H_2, N_2, O_2 und CO_2 bei Drucken zwischen 2 und 105 Torr elektrisch und optisch eingehend untersucht. Die Maximalstromstärke wurde an jedem einzelnen Funken nach einer von uns verfeinerten Methode[5]) mittels magnetisierter Stahlstäbchen gemessen. Aus den gemessenen Stromstärken (bis 2000 Amp) und dem Kapillarendurchmesser ergaben sich Stromdichten zwischen 30000 und 170000 Amp/cm^2. Gemessen wurde erstens photoelektrisch die Abhängigkeit der gesamten emittierten Strahlungsintensität (die Linien spielen gegenüber dem Kontinuum bei größeren Stromdichten keine Rolle!) von der Stromdichte und zweitens photographisch-photometrisch die relative spektrale Energieverteilung $J(\nu)$ des Kontinuums auf 50 Aufnahmen bei den verschiedenen Gasen, Gasdrucken und Stromdichten.

Als Ergebnis unserer Untersuchungen, deren Einzelheiten demnächst an anderer Stelle veröffentlich werden, können wir zu den obigen Bedingungen 1—3 folgende Aussagen machen:

1. Bei Stromdichten über 70000 Amp/cm^2 ergaben die Stoßentladungen bei allen Gasen und Gasdrucken gleichartige kontinuierliche Spektren.

2. Im Bereich oberhalb 100000 Amp/cm^2 wuchs die photoelektrisch gemessene Strahlungsintensität bei allen Gasen und Drucken mit dem Quadrat der Stromdichte.

3. Die auf Wellenzahlen ν bezogene spektrale Intensität $J(\nu)$ der Kontinua ergab sich im untersuchten Spektralbereich 6500—4000 Å bei Stromdichten über 70000 Amp/cm^2 für alle Gase und bei allen Drucken innerhalb $\pm 5\,\%$ konstant.

Aus den Ergebnissen (1) und (2) folgt, daß die untersuchten Funkenkontinua tatsächlich entsprechend der Deutung des einen von uns[1]) auf Elektronenbrems- und -Rekombinationsstrahlung beruhen, da kein anderer zur Emission kontinuierlicher Spektren führender Vorgang mit diesen Gesetzmäßigkeiten verträglich ist.

Die äußerst exakte Konstanz der spektralen Energie $J(\nu)$ (Ergebnis 3) deutet auf sehr gutes thermisches Gleichgewicht im Funkenplasma hin und überrascht für diese aperiodischen, nur 10^{-5} sec dauernden Entladungen zunächst. Da die Strahlungsintensität nach Ergebnis 2 aber mit dem Quadrat der Stromdichte ansteigt, spielen von der gesamten Funkendauer die relativ stromschwachen Teile des Durchbruchs sowie des langsamen Abklingens keine Rolle gegen-

über dem mittleren stromstarken Stadium, in dem der Funken als Starkstrombogen anzusprechen und thermisches Gleichgewicht im Entladungsplasma folglich zu erwarten ist.

Da die Eigenschaften der übrigen, weniger gut untersuchten Funkenentladungen, wie früher[1]) gezeigt, wenigstens qualitativ ebenfalls mit den nach unserer Deutung zu erwartenden übereinstimmen, dürfen wir unser an den Kapillarfunken gewonnenes Ergebnis wohl verallgemeinern und können unter Berücksichtigung der erwähnten Bogenuntersuchungen[2]) zusammenfassend feststellen, daß die 1934 veröffentlichte Deutung[1]) der Funken- und Bogenkontinua durch unsere und die übrigen bisher vorliegenden experimentellen Ergebnisse in befriedigender Weise bestätigt erscheint.

Darmstadt, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, im Mai 1942.

W. Finkelnburg. O. Th. Hahn.

---

[1]) W. Finkelnburg, Z. Physik **88**, 297, 768; **93**, 201 (1934); vgl. auch „Kontinuierliche Spektren". Berlin: Springer 1938.

[2]) A. Unsöld, Ann. Physik. **33**, 607 (1938).

[3]) W. Elenbaas, Physica **6**, 299 (1939) — R. Rompe, P. Schulz u. W. Thouret, Z. Physik **112**, 369 (1939) — H. Maecker, Z. Physik **114**, 500 (1940); **116**, 257 (1941).

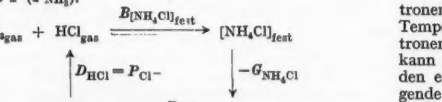
[4]) Vgl. A. Unsöld (1) sowie H. Schubert, Ann. Physik **39**, 295 (1941).

[5]) E. Blum u. W. Finkelnburg, Z. techn. Physik **18**, 61 (1938).

Die Protonenaffinitäten von NH_3, H_2O und OH^-.[1])

Grimm[2]) schlägt folgenden Kreisprozeß vor zur Berechnung von P_{NH_3}:

Kreisprozeß I (P_{NH_3}).



(1) $P_{NH_3} = P_{Cl^-} + B_{[NH_4Cl]_{fest}} - G_{NH_4Cl}$
$= (327{,}8 + 42 - G)$ kcal.

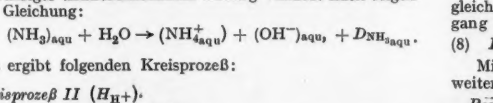
Das gibt, je nach der verwendeten Gitterenergie G: 207 kcal [Mulliken[3])], 202—221 kcal [Sherman[3]), Bleick[3])]. Wir berechnen mit $G_{NH_4Cl} = 158$ kcal für $t = 25°$: $P_{NH_3} = 212$ kcal.

Der Vorgang der Bildung von OH^-- und NH_4^+-Ionen in wäßriger ammoniakalischer Lösung verläuft nach folgender Gleichung:

(2) $(NH_3)_{aqu} + H_2O \rightarrow (NH_{4\,aqu}^+) + (OH^-)_{aqu}, + D_{NH_{3aqu}}$.

Das ergibt folgenden Kreisprozeß:

Kreisprozeß II (H_{H^+}).



(3) $D_{NH_{3aqu}} = -H_{NH_3} - \lambda_{H_2O} + P_{NH_3} - P_{OH^-} + H_{NH_4^+} + H_{OH^-}$.

Für die Protonenaffinität von OH^- gilt aber:

(4) $P_{OH^-} = N + H_{H^+} + H_{OH^-} - \lambda_{H_2O}$.

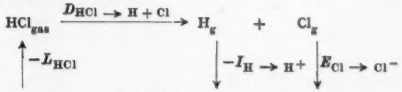
(4) in (3) eingesetzt ergibt:

(5) $P_{NH_3} = D_{NH_{3aqu}} + H_{NH_3} + N + H_{H^+} - H_{NH_4^+}$

(5′) $H_{H^+} = P_{NH_3} - (D_{NH_{3aqu}}) - N - H_{NH_3} + H_{NH_4^+}$
$= (212 + 1{,}45 - 13{,}45 - 8{,}37 + 83)$ kcal[4]) $= 275$ kcal.

Eine zweite Möglichkeit, die Hydratationswärme von H^+ zu berechnen, ist mit Hilfe der Lösungswärme, z. B. der Salzsäure, nach folgendem Kreisprozeß:

Kreisprozeß III (H_{H^+}).



(6) $L_{HCl} = -D_{HCl} - I_{H \rightarrow H^+} + E_{Cl \rightarrow Cl^-} + H_{H^+} + H_{Cl^-}$

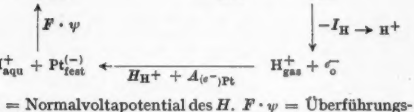
(6′) $H_{H^+} + H_{Cl^-} = +L_{HCl} + D_{HCl} + I_{H \rightarrow H^+} - E_{Cl \rightarrow Cl^-}$
$= (+17{,}8 + 102{,}7 + 311{,}6 - 86)$ kcal $= 347$ kcal.

Die modernsten Werte für die Hydratationswärme des Cl^--Ions nach Lange[5]), Bernal und Fowler[6]) und Latimer[7]) geben im Mittel $H_{Cl^-} = 67$ kcal. Also ist: $H_{H^+} = 280$ kcal.

Als Mittelwert nehmen wir: $H_{H^+} = 277$ kcal.

Auf *ganz anderem* Wege, aber mit noch nicht ganz so sicher festgelegten Werten kann man H_{H^+} noch aus den sog. Überführungsvoltapotentialen[6]) berechnen.

Kreisprozeß IV.



ψ = Normalvoltapotential des H. $F \cdot \psi$ = Überführungsarbeit des H als H^+ in die wäßrige Lösung. $A_{(e^-)Pt}$ = Elektronenaustrittsarbeit des Pt. Unter Vernachlässigung der Temperaturabhängigkeit der Überführungsarbeit, der Elektronenaustrittsarbeit und der Hydratationsarbeit des H^+ kann man die genannten Arbeiten nach Gibbs-Helmholtz den entsprechenden Wärmetönungen gleichsetzen und folgende thermochemische Gleichung schreiben:

(7) $F \cdot \psi = -{}^1/_2 D_{H_2 \rightarrow 2H} - \lambda_H - I_{H \rightarrow H^+} + H_{H^+} + A_{(e^-)Pt}$

(7′) $H_{H^+} = F\psi + {}^1/_2 D_{H_2 \rightarrow 2H} + \lambda_H + I_{H \rightarrow H^+} - A_{(e^-)Pt}$
$= (+0{,}13 + 2{,}26 + 0 + 13{,}53 - 4{,}5)$ Volt $= 263$ kcal.

Die Übereinstimmung mit den thermochemisch berechneten Hydratationswerten des H^+ ist in Anbetracht der Unsicherheiten der Berechnungen aus den Normalvoltapotentialen befriedigend. Wir legen aber den thermochemischen Werten zunächst einmal mehr Gewicht bei.

Setzt man die Hydratationswärme von H_3O^+ der von K^+ gleich, so ist die Protonenaffinität von H_2O, die dem Vorgang $H^+ + H_2O = H_3O^+$ entspricht:

(8) $P_{H_2O} = H_{H^+} - H_{K^+} = (277 - 93)$ kcal $= 184$ kcal[9]).

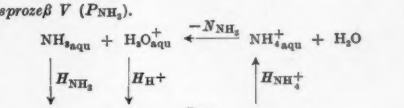
Mit dem Mittelwert $H_{H^+} = 277$ kcal berechnet sich weiterhin nach Gl. (4) mit $H_{OH^-} = 111$ kcal[1]):

$P_{OH^-} = (13{,}45 + 277 + 111 + 9{,}9)$ kcal $= 392$ kcal[10]).

Schließlich kann man mit Hilfe der Hydratationswärme des H^+ die Protonenaffinität des NH_3 noch wieder auf andere Weise, nämlich mit Hilfe der Neutralisationswärme einer ammoniakalischen Lösung mit einer starken Säure berechnen:

(9) $NH_{3aqu} + H_3O_{aqu}^+ = NH_{4\,aqu}^+ + H_2O, + N_{NH_3}$.

Kreisprozeß V (P_{NH_3}).



(10) $N_{NH_3} = -H_{NH_3} - H_{H^+} + P_{NH_3} + H_{NH_4^+}$

(10′) $P_{NH_3} = N_{NH_3} + H_{NH_3} + H_{H^+} - H_{NH_4^+}$
$= (12{,}72 + 8{,}4 + 277 - 83)$ kcal $= 215$ kcal[11]).

Die Übereinstimmung mit dem auf ganz anderem Wege erhaltenen Zahlenwert 212 kcal nach Kreisprozeß I ist sehr befriedigend.

Zusammenstellung.

P_{NH_3} = 214 kcal, P_{H_2O} = 184 kcal, P_{OH^-} = 392 kcal und H_{H^+} = 277 kcal.

Alle Werte haben eine Unsicherheit bis ca. 10 kcal.

Würzburg, Physikal.-Chem. Abt. des Chemischen Instituts, den 28. Mai 1942. GÜNTHER BRIEGLEB.

---

[1]) Über Protonenaffinitäten vgl. auch G. BRIEGLEB, Naturwiss. 30, 436 (1942). Die in der Arbeit verwendeten Symbole haben folgende Bedeutung: B = Bildungsenergie, D = Dissoziationsenergie, E = Elektronenaffinität, G = Gitterenergie, H = Hydratationswärme, I = Ionisierungsenergie, L = erste Lösungswärme, N = Neutralisationswärme starker Säuren, P = Protonenaffinität.

[2]) H. G. GRIMM, Handb. d. Physik 24/2.

[3]) R. S. MULLIKEN, J. Chem. Phys. 1, 500 (1933); J. SCHERMAN, Chem. Rev. 11, 150 (1932); W. F. BLEICK, J. Chem. Physic 2, 163 (1934).

[4]) $D_{NH_{3aqu}} = -1{,}45$ kcal und $H_{NH_3} = 8{,}37$ kcal nach W. A. ROTH, Ldlt. Börnst. 3, 2816. $H_{NH_4^+}$ wird H_{Rb^+} gleichgesetzt. $H_{Rb^+} = 83$ kcal nach E. LANGE und O. KLEIN, Z. Elektrochem. 44, 562 (1938).

[5]) E. LANGE u. O. KLEIN, Z. Elektrochem 43, 507 (1937) und l. c.

[6]) J. D. BERNAL u. R. H. FOWLER, J. chem. Physic 1, 515 (1933).

[7]) W. M. LATIMER, K. S. PITZER u. C. M. SLANSKY, J. chem. Physic 7, 108 (1939).

[8]) O. KLEIN u. E. LANGE, l. c.

[9]) F. HUND, [Z. Physik 31, 81 (1925) u. 32, 1 (1925)] berechnete aus Modellbetrachtungen auf elektrostatischer Grundlage: P_{H_2O} = 180 kcal und A. E. VAN ARKEL und J. H. DE BOER, [Physica 7, 23, 363 (1927) u. Rec. Trav. Chim. Pays Bas 47, 600 (1928)] auf derselben Grundlage P_{H_2O} = 165 kcal.

[10]) F. HUND, l. c., berechnet modellmäßig auf elektrostatischer Grundlage P_{OH^-} = 370 kcal.

[11]) Nach theoretischen Modellrechnungen von VAN ARKEL-DE BOER, l. c., ist P_{NH_3} = 208 kcal.

Zur hormonalen Bedeutung des *Drosophila*-Gehirnes und seiner hormonal bedingten imaginalen Entwicklung.

Bisher sind die Ergebnisse verschiedener Autoren bezüglich des Produktionsortes der die Insektenmetamorphose fördernden Hormone teilweise noch recht widersprechend. Bei *Lepidopteren* bildet nach KÜHN und seinen Mitarbeitern[1, 2, 3]) (bei *Sphinx*, *Deilephila* und *Ephestia*) das *Gehirn*, nach neueren Versuchen von FUKUDA[4] (bei *Bombyx*) die *Prothoraxdrüse* das „Verpuppungshormon". Bei der tropischen *Hemiptere Rhodnius* bildet nach WIGGLESWORTH[5]) wiederum das *Gehirn* ein „Häutungshormon". Die Entstehung des „Puppentönnchens" oder „Puparums" der *Muscide*n wird nach HADORN[6]) (*Drosophila*) und BURTT[7]) (*Calliphora*) durch ein Hormon der *Ringdrüse* bewirkt. Dabei konnte HADORN keinen Einfluß der Ringdrüse auf die eigentliche „imaginale Entwicklung" und BURTT einen solchen nur für das „Wachstum der Imaginalscheiben" *vor* der Bildung des Puparium aufdecken. Kürzlich gelang es mir[8]), auch „imaginale Metamorphoseprozesse" (in Darm, Ovarien und Augen-Antennenscheiben) durch implantierte Ringdrüsen bei *Drosophila* auszulösen. Hierbei benutzte ich nicht wie HADORN ungeschnürte Larven, sondern isolierte Larvenhinterstücke, d. h. also ein Milieu, das eines eigenen inkretorischen Systems entbehrt.

Bei den widerspruchsvollen Ansichten über den hormonalen Einfluß des Gehirns auf die Metamorphose schien es mir angezeigt, nochmals mit dieser Versuchsanordnung den Einfluß implantierter *Gehirne* auf die Metamorphose bei *Drosophila* zu prüfen. Zu diesem Zwecke wurden bei *Drosophila hydei* Hinterstücke in einem Larvenalter von 5 Tagen 15 Stunden, d. h. vor dem Beginn der eine autonome Puppariumbildung ermöglichenden „kritischen Periode", isoliert und in sie Gehirne verpuppungsreifer Larven implantiert. Die Versuche ergaben, wie Tabelle 1 zeigt, ebenfalls ein völliges Ausbleiben einer Puppariumbildung. (Daß die larvalen Hinterstücke an sich auf Puppariumbildungshormon reaktionsfähig waren, zeigt Reihe 2 der Tabelle 1, in der außer dem Gehirn eine isolierte Ringdrüse ebenfalls verpuppungsreifer Spenderlarven implantiert wurde.) Auch Anfänge imaginaler Metamorphoseveränderungen in Darm oder Ovarien wurden in den Hinterstücken der Gehirnserie nicht beobachtet. Es konnte also für die geprüften Meta-

Tabelle 1. Reaktion der larvalen Haut isolierter Hinterstücke von 5 Tage 15 Stunden alten *Drosophila hydei*-Larven bei Implantation eines Gehirnes bzw. eines Gehirnes und einer Ringdrüse. Schnürung in Höhe des 2. Abdominalsegmentes, Vorderstück abgeschnitten. Vom Gehirn wurde das Oberschlundganglion teils mit, teils ohne Unterschlundganglion implantiert.

Nr. der Versuchsreihe	Implantierte Organe	Alter des Spenders	Hinterstück nach 48 Stunden		
			verpuppt	larval	gestorben
1	1 Gehirn	verpuppungsreife Larve	—	50	18
		weiße Puppe	—	13	2
2	1 Gehirn + 1 Ringdrüse	verpuppungsreife Larve	24	2	5
		weiße Puppe	4	2	2

ä. B.

Fig. 1. Schnitt durch ein larval gebliebenes Gehirn 48 Stunden nach alleiniger Implantation in ein isoliertes Hinterstück. Man achte auf den runden Querschnitt und die Bildungsherde! 200mal.

Fig. 2a.

Fig. 2b.

Fig. 3 u. 4. Ähnlicher Fall wie Fig. 1, in zwei verschiedenen Ebenen. Vgl. Fig. 2b mit Fig. 3—5! 200mal.

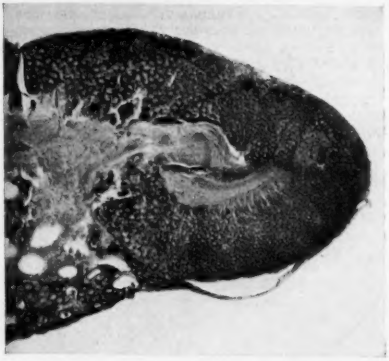


Fig. 3.

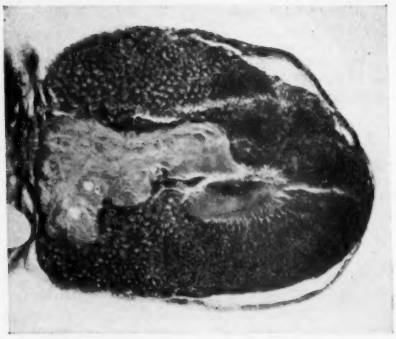


Fig. 4.

Fig. 3 u. 4. Gehirnimplantat nach 32 bzw. 24 Stunden bei gleichzeitiger Implantation von 4 Ringdrüsen verpuppungsreifer Larven. Querschnitt längsoval, Bildungsherde verschwunden. 200mal.

morphoseprozesse auch bei dieser Versuchsanordnung *keine* fördernde Wirkung des *Drosophila-Gehirnes* nachgewiesen werden.

Die eben beschriebenen Versuche sollen nicht als Beweis gelten, daß dem *Drosophila*-Gehirn jede andere innersekretorische Bedeutung fehle. Es finden sich ebenfalls im *Drosophila*-Gehirn in der Pars intercerebralis beiderseitig durchschnittlich 2—4 Zellen, die fuchsinophile Einschlüsse aufweisen und vielleicht den bei anderen Insektengruppen sowie bei *Crustaceen* beschriebenen „Drüsennervenzellen" entsprechen. Die Produktion einer die „Chromatophoren aktivierenden" Substanz durch das *Limulus*-Gehirn wurde kürzlich

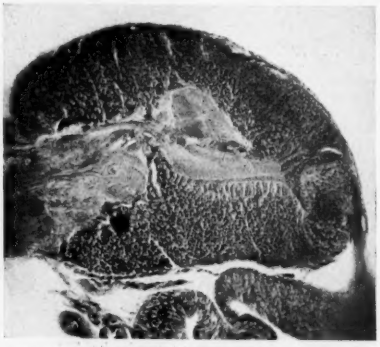


Fig. 5. Normales Gehirn einer *hydei*-Puppe, 8 Stunden nach der Puppariumbildung. 200mal.

von Brown und Cunningham[9]) nachgewiesen, wobei sich ein weitgehender Parallelismus zwischen der Wirkungsstärke der verschiedenen Gehirnteile und ihrem von Scharrer[10]) histologisch nachgewiesenen Gehalt an Drüsennervenzellen ergab. Es wäre also durchaus denkbar, daß Ähnliches auch für die wenigen oben beschriebenen Zellen der Pars intercerebralis des *Drosophila*-Gehirnes gilt.

Nachdem die oben geschilderten Versuche keinen Hinweis auf eine metamorphosefördernde Wirkung des *Drosophila*-Gehirnes gebracht hatten, ergab sich die Frage: Vermag die Ringdrüse ihrerseits auch die imaginale Entwicklung des Larvengehirnes auszulösen? Zur Klärung dieser Frage wurden Gehirne 5 Tage 15 Stunden alter Larven in isolierte Hinterstücke gleich alter Wirtstiere implantiert, und zwar teilweise allein, teilweise zusammen mit 4 Ringdrüsen verpuppungsreifer Larven. Bei alleiniger Gehirnimplantation wiesen in allen Fällen die Hemisphären noch nach 1—3 Tagen ihre annähernd kugelige larvale Form und bei histologischer Untersuchung (16 Fälle) den aus embryonalen Zellen bestehenden „inneren" und „äußeren Bildungsherd" auf (Fig. 1 und 2a). Dagegen zeigten die Implantate der Gehirn-Ringdrüsen-Serie ein schon bei der Sektion deutliches Wachstum der Hemisphären vorwiegend in dem zur Längsachse des Körpers senkrechten Durchmesser (s. Fig. 3 und 4 im Vergleich zu Fig. 2b und 5). Gleichzeitig waren im histologischen Präparat (12 Fälle) die Bildungsherde ganz oder fast ganz verschwunden.

Es ergibt sich also, daß das larvale *Drosophila*-Gehirn sich in isolierten Hinterstücken nicht autonom weiterentwickeln kann, sondern daß es hierzu einer hormonalen Anregung durch die Ringdrüse bedarf.

Es sei nur noch erwähnt, daß Schrader[11]) auch im Falle des *Lepidopteren*-Gehirnes keine autonome Entwicklung des Raupengehirnes in „Dauerraupen" beobachtete, ein Befund, in dem der Autor aber keinen Beweis gegen eine autonome Entwicklungsfähigkeit des Gehirnes erblickt, sondern den er auf den Mangel des Implantates an Tracheen zurückführt. Auch in meinen oben beschriebenen positiven Fällen fehlte jede Tracheenentwicklung am implantierten Gehirn. Auf Grund dieser Beobachtung kann man sich fragen, ob nicht auch zur imaginalen Entwicklung des *Lepidopteren*-Gehirnes eine hormonale Anregung notwendig ist.

Neustadt (Schwarzwald), Institut der Deutschen Hirnforschungsgesellschaft, den 2. Juni 1942.

Marguerite Vogt.

---

[1]) E. Caspari u. E. Plagge, Naturwiss. 23 (1935).
[2]) A. Kühn u. H. Piepho, Abh. Ges. Wiss. Göttingen 2 (1936).
[3]) E. Plagge, Biol. Zbl. 58 (1938).
[4]) S. Fukuda, Proc. imp. Acad. (Tokyo) 16 (1940).
[5]) V. B. Wigglesworth, J. of exper. Biol. 17 (1940); nach Zitat von Scharrer.
[6]) E. Hadorn, Naturwiss. 25 (1937).
[7]) E. T. Burtt, Proc. roy. Soc. Lond. B 126 (1938).
[8]) Marguerite Vogt, Biol. Zbl. 62 (1942).
[9]) F. A. Brown jr. u. O. Cunningham, Biol. Bull. 81 (1941).
[10]) Berta Scharrer, Biol. Bull. 81 (1941).
[11]) K. Schrader, Biol. Zbl. 58 (1938).

Beziehungen zwischen $K[AlSiO_4]$ (Tief-Kaliophilit), $Ba[Al_2O_4]$, $K[LiSO_4]$, $Na[AlSiO_4]$ (Nephelin) und $[Si_2O_4]$ (β-Tridymit).

Die bisherigen strukturellen Untersuchungen an $K[AlSiO_4]$ (Tief-Kaliophilit) (I)[1, 2]), $Ba[Al_2O_4]$ (II)[3]), $K[LiSO_4)$ (III)[4]), $Na[AlSiO_4]$ (Nephelin) (IV)[5]) und $[Si_2O_4]$ (β-Tridymit) (V)[6]) lassen sich einander folgendermaßen gegenüberstellen:

$K[AlSiO_4]$

$a_I = 26{,}94$ Å
$c_I = 8{,}55$
$Z_I = 54$
$d_I = 2{,}6$ gcm^{-3}
$MV_I = 60{,}9$ cm^3
Raumgruppe $= D_6^6 - C6_322$

$Na[AlSiO_4]$

$a_{IV} = 10{,}09$ Å
$c_{IV} = 8{,}49$
$Z_{IV} = 8$
$d_{IV} = 2{,}60$ gcm^{-3}
$MV_{IV} = 54{,}7$ cm^3
Raumgruppe $= C_6^6 - C6_3 =$ Untergruppe von $D_6^6 - C6_322$ und $D_{6h}^4 - C6/mmc$

Pseudozelle (um 30° gedreht):

$a'_I = a_I\sqrt{3}/3 = 15{,}54$
$c'_I = c_I = 8{,}55$
$Z'_I = Z_I/3 = 18$

Pseudozelle:

$a'_{IV} = a_{IV}/2 = 5{,}05$
$c'_{IV} = c_{IV} = 8{,}49$
$Z'_{IV} = Z_{IV}/4 = 2$

Ionenradien (nach PAULING):
$K^+ = 1{,}33$, $Al^{+3} = 0{,}50$, $Si^{+4} = 0{,}41$

$Na^+ = 0{,}95$, $Al^{+3} = 0{,}50$, $Si^{+4} = 0{,}41$

$Ba[Al_2O_4]$

$a_{II} = 5{,}21$ Å.
$c_{II} = 8{,}76$
$Z_{II} = 2$
$d_{II} = 4{,}2$ gcm^{-3};
$MV_{II} = 60{,}9$ cm;
Raumgruppe $= D_6^6 - C6_322$

$K[LiSO_4]$

$a_{III} = 5{,}13$ Å.
$c_{III} = 8{,}60$
$Z_{III} = 2$
$d_{III} = 2{,}39$ gcm^{-3}
$MV_{III} = 59{,}3$ cm^3
Raumgruppe $= C_6^6 - C6_3$

Punktlagen:
Ba = 00$\frac{1}{4}$, 00$\frac{3}{4}$
Al = $\frac{1}{3}\frac{2}{3}0{,}05$, $\frac{1}{3}\frac{2}{3}0{,}55$, $\frac{1}{3}\frac{2}{3}0{,}95$, $\frac{2}{3}\frac{1}{3}0{,}45$
O = $\frac{1}{3}\frac{2}{3}\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}\frac{2}{3}\frac{3}{4}$; $\frac{1}{2}00$, $0\frac{1}{2}0$, $\frac{1}{2}\frac{1}{2}0$, $\frac{1}{2}0\frac{1}{4}$, $0\frac{1}{2}\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}\frac{1}{2}\frac{1}{4}$
$Ba^{+2} = 1{,}35$ $Al^{+3} = 0{,}50$

Punktlagen (zu den z-Werten in [4]) wurde 0,25 addiert):
K = 00$\frac{1}{4}$, 00$\frac{3}{4}$
Li = $\frac{1}{3}\frac{2}{3}0{,}08$, $\frac{1}{3}\frac{2}{3}0{,}58$
S = $\frac{1}{3}\frac{2}{3}0{,}92$, $\frac{1}{3}\frac{2}{3}0{,}42$
O = $\frac{1}{3}\frac{2}{3}\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}\frac{2}{3}\frac{3}{4}$; 0,67 0,06 0, 0,39 0,33 0, $\overline{0{,}06}$ 0,61 0, 0,33 $\overline{0{,}06}$ $\frac{1}{4}$, 0,61 0,67 $\frac{1}{4}$, 0,06 0,39 $\frac{1}{4}$
$K^+ = 1{,}33$, $Li^+ = 0{,}60$, $S^{+6} = 0{,}29$

$[Si_2O_4]$

$a_V = 5{,}03$ Å
$c_V = 8{,}22$
$Z_V = 2[Si_2O_4]$
$d_V = 2{,}20$ gcm^{-3}
$MV_V = 54{,}58$ cm^3
Raumgruppe $= D_{6h}^4 - C\,6/mmc$ (mit den Untergruppen $D_6^6 - C6_322$ und $C_6^6 - C\,6_3$)
Punktlagen (zu den z-Werten in [6]) wurde 0,25 addiert):
Si = $\frac{1}{3}\frac{2}{3}0{,}44$, $\frac{1}{3}\frac{2}{3}0{,}06$, $\frac{1}{3}\frac{2}{3}0{,}94$, $\frac{1}{3}\frac{2}{3}0{,}56$
O = $\frac{1}{3}\frac{2}{3}\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}\frac{2}{3}\frac{3}{4}$; $\frac{1}{3}0\frac{1}{4}$, $0\frac{1}{3}\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}\frac{1}{3}\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}00$, $0\frac{1}{3}0$, $\frac{1}{3}\frac{1}{3}0$
$Si^{+4} = 0{,}41$

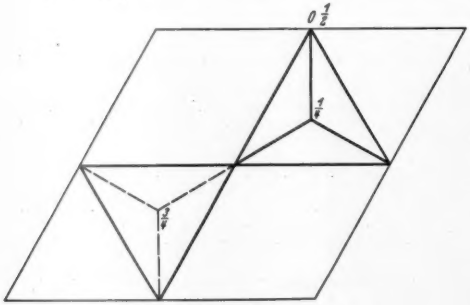


Fig. 1.

Die Strukturen von $Ba[Al_2O_4]$ (H 2_8-Typ) und $K[LiSO_4]$ (H 1_4-Typ) sind also beinahe bis auf die Parameter genau identisch. In ihnen bilden die $[Al_2O_4]$- bzw. $[LiSO_4]$-Gerüste bei den angegebenen Parameterwerten aber keineswegs ein Tridymitgitter, denn die Anordnung der Koordinationstetraeder ist für den letzteren Fall die der Fig. 1 (Tetraederdoppelschicht, Spitzen abwechselnd nach oben bzw. unten weisend), während Fig. 2 diejenige von (II) darstellt. Allerdings geht die Punktlage (6 g) in $D_6^6 - C6_322$ (O-Lagen, $x_{II} = {}^2/_3$) für den Parameterwert $x_V = {}^1/_2$ in die O-Teillage des Tridymitgitters über, so daß allerhöchstens von einem äußerst deformierten solchen Gitter gesprochen werden könnte.

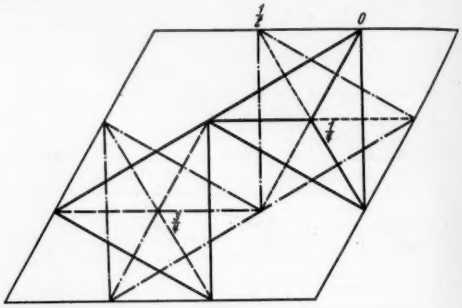


Fig. 2.

Die Beziehungen zwischen $Ba[Al_2O_4]$ (II) und $K[AlSiO_4]$ (I) sind derart enge ($a'_I/3 = 5{,}18 \approx a_{II} = 5{,}21$ Å, $c'_I \approx c_{II}$, $Z'_I/3^2 = Z_{II}$, $MV_I = MV_{II}$, gleiche Raumgruppe, sehr ähnliche Ionenradien), daß Isotopie vorhanden sein muß. In Analogie zu den K-Ba-Feldspäten (Hyalophane) wird wahrscheinlich mit einer isomorphen Mischbarkeit zu rechnen sein.

Für Nephelin $Na[AlSiO_4]$ (IV) wurde von jeher eine enge Beziehung zu β-Tridymit $[Si_2O_4]$ (V) vermutet. In der Tat ist: $a'_{IV} = 5{,}05 \approx a_V = 5{,}03$ Å, $c'_{IV} \approx c_V$, $MV_{IV} \approx MV_V$, Raumgruppe (IV) = Untergruppe von Raumgruppe (V).

Ob eine unbeschränkte Mischbarkeit von $K[AlSiO_4]$ (Kaliophilit) und $Na[AlSiO_4]$ (Nephelin) vorhanden ist, ist unsicher[7]. Die Unterschiede in dem O-Gitter, bei Kaliophilit vom Typus Fig. 2, bei Nephelin vielleicht mehr vom Typus Fig. 1, würden auf eine Verschiedenheit im Bau hindeuten. Bei hoher Temperatur könnte ein Ausgleich stattfinden. Die Verhältnisse wären in gewissem Sinne denen bei Orthoklas $K[AlSi_3O_8]$ (großes Kation, monoklin) und Albit $Na[AlSi_3O_8]$ (kleines Kation, triklin) analog.

Bern (Schweiz), Mineralogisches Institut der Universität, den 8. Juni 1942. W. NOWACKI.

[1]) Strukturbericht 2, 555, 557.
[2]) J. L. LUKESH and M. J. BUERGER, The unit cell and space group of kaliophilite. Amer. Mineralogist 26 (1941) [17].
[3]) Strukturbericht 5, 19, 97.
[4]) Strukturbericht 1, 357, 376.
[5]) Strukturbericht 1, 469; 2, 554.
[6]) Strukturbericht 1, 171, 203.
[7]) W. EITEL, Physikalische Chemie der Silikate, S. 397. Leipzig 1941.

Degenerationserscheinungen an Erythrozyten.

Eine große Anzahl hämolytischer Gifte führt zu Degenerationserscheinungen an den roten Blutkörperchen, deren eine schon früh von HEINZ beschrieben worden ist; sie werden deshalb meist als Heinz-Körperchen bezeichnet. In der letzten Zeit hat MOESCHLIN[1]) berichtet, daß es ihm gelungen sei, in vitro, durch Schütteln von Blut mit Phenylhydrazin typische Heinz-Körperchen zu erzeugen. Seinerzeit konnten hier bei einer Untersuchung der Kaliumchloratwirkung auf das Blut[2]) ebenfalls Degenerationserscheinungen, d. h. vitalfärbbare Gebilde an den Erythrozyten, beobachtet werden, später zeigten sich auch bei Einwirkung von Dinitroglykol, einem sehr ausgesprochenen Bildner[3]) von Heinz-Körperchen, in vitro entsprechende Veränderungen an den Zellen. Nach Befunden, die am Übermikroskop gewonnen wurden, scheint uns jedoch bei der Beurteilung eine gewisse Vorsicht am

Platze zu sein. Die lichtoptisch ziemlich einfachen Erscheinungen zeigen bei genauerer Untersuchung eine überraschende Vielfältigkeit.

Fig. 1 zeigt ein typisches Heinz-Körperchen, wie man es bei Vergiftungen mit aromatischen Nitrokörpern bei Kaninchen, Katzen und auch beim Menschen beobachten kann.

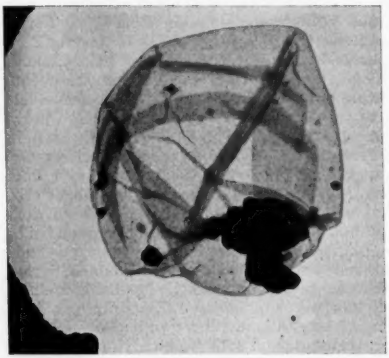


Fig. 1. 9466/41. Kaninchenerythrozyt, hämolysiert und osmiumfixiert. 22 Stunden nach Verabreichung von Dinitrobenzol. Elektronenoptisch: 11000 : 1.

Fig. 2 zeigt dagegen eine Form der Erythrozytendegeneration, wie sie bei der Katze auf Phenylendiaminverabreichung auftritt. Wieder andere Veränderungen verursacht das Phenylhydrazin, wobei sich übrigens die morphologischen Unter-

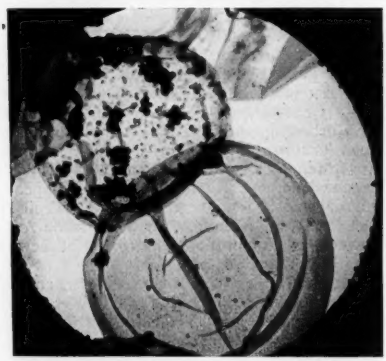


Fig. 2. 10786/41. Katzenerythrozyt, hämolysiert und osmiumfixiert. Phenylendiaminvergiftung, 8 Stunden nach Verabreichung. Elektronenoptisch: 7200 : 1. Es sind zwei normale Erythrozytenmembranen und eine erkrankte Zelle sichtbar.

schiede im physiologischen Verhalten der Zellen (Resistenz gegen hypotonische Lösungen, Haltbarkeit in vivo) ausdrücken. Es scheint uns ebensowenig berechtigt zu sein, die hier abgebildeten Erscheinungen zusammenfassend als „Heinz-Körperchen" zu bezeichnen, wie scheinbar ähnliche Veränderungen der Vitalfärbbarkeit der Zellen in vitro hier einzuordnen.

Wie die Fig. 1 zeigt, bleibt die Erythrozytenmembran bei der Bildung des Heinz-Körperchens im allgemeinen normal, nur an einer Stelle hängt ihr das elektronenoptisch nicht durchstrahlbare Gebilde an und führt oft zu charakteristischen Einziehungen und Verzerrungen. Im Laufe der Vergiftung wachsen die Heinz-Körperchen bekanntlich von submikroskopischen Gebilden zu Klumpen heran, die fast die halbe Größe der Zelle besitzen. Es war möglich, frühe Entwicklungsstadien aufzufinden, die lichtoptisch noch nicht nachweisbar waren.

Bei der Phenylendiaminvergiftung, Fig. 2, lassen sich dagegen alle Stadien einer zunehmenden Zerstörung der Membran festhalten, es ist im Bild ein mittlerer Zustand herausgegriffen. Das Auftreten von Heinz-Körperchen konnte nicht beobachtet werden, es fiel aber auf, daß Zellen, die vor der Vergiftung Heinz-Körperchen besaßen, anfälliger gegen Phenylendiamin sind.

Die Natur der Heinz-Körperchen ist noch nicht völlig klar; neben den üblichen Blutfarbstoffderivaten ließen sich in ihnen auch Verbindungen von der Art der Verdochromogene nachweisen, ein früher angenommener direkter Zusammenhang mit der Bildung solcher grüner Blutfarbstoffderivate[4, 5]), kann jedoch ebensowenig aufrechterhalten werden wie eine kausale Verknüpfung mit der Methämoglobinbildung, wie sie MOESCHLIN[1]) erst kürzlich wieder vertreten hat (vgl. hierzu HEUBNER[5]), PULINA u. a.[3]). Eine Deutung der verschiedenen Erscheinungen hoffe ich durch eine zur Zeit laufende Untersuchung bringen zu können.

Berlin, Pharmakologisches Institut der Universität, und Berlin-Siemensstadt, Laboratorium für Übermikroskopie der Siemens & Halske A.G., den 8. Juni 1942. F. JUNG.

[1]) S. MOESCHLIN, Fol. haemat. (Lpz.) 65, 345 (1941).
[2]) W. HEUBNER u. F. JUNG, Schweiz. med. Wschr. 1941, 27.
[3]) B. PULINA, Arch. f. exper. Path. (im Druck) — E. GROSS, Arch. f. exper. Path. (im Druck) — H. WILHELMI, Arch. f. exper. Path. (im Druck) — M. v. BREDOW u. F. JUNG, unveröff. Versuche.
[4]) F. JUNG, Arch. f. exper. Path. 194, 16 (1939).
[5]) W. HEUBNER, Klin. Wschr. 1941, 137.

Zur Kenntnis des Kartoffelfettes.

Bei einer größeren Untersuchung über Kennzahlen, Zusammensetzung und biologische Bedeutung des Fettes (Ätherextrakt) der Kartoffelknolle sowie über Verteilung und Verhalten während Lagerung und Verwertung der Kartoffeln fanden wir neben anderen Stoffen auch Linolsäure und Linolensäure.

Die Linolsäure wurde als Tetrabromid vom Fp. 113—114° identifiziert, die Linolensäure als Hexabromid vom Fp. 179 bis 180° isoliert, das in den gebräuchlichsten organischen Lösungsmitteln ziemlich schwer löslich ist. Gesichert wurden die Befunde durch Vergleich mit den entsprechenden bromierten Säuren aus Mohnöl bzw. Leinöl. Die Mengen sind gering, da das Rohfett nur etwa 0,06—0,1 % der Kartoffel ausmacht. Einzelheiten teilen wir im Zusammenhang an anderer Stelle mit.

Wir möchten in dieser Kurzmitteilung über den Befund im voraus berichten, da in bisherigen Untersuchungen an Kartoffelfett die beiden Säuren unseres Wissens nicht beschrieben sind und da man ihnen in neuerer Zeit vitaminähnliche Wirkungen (Vitamin F_1) zuerkannt hat. Obwohl der Organismus über Fermente verfügt, die gesättigte Fettsäuren dehydrieren können, soll eine Synthese der beiden genannten Säuren nicht möglich sein. Ob dem Gehalt der Kartoffel an Linol- und Linolensäuren eine wesentliche ernährungsphysiologische Bedeutung zukommt, bedarf einer näheren Prüfung.

Berlin, Forschungsinstitut für Stärkefabrikation, den 17. Juni 1942. W. KRÖNER. W. VÖLKSEN.

Besprechungen.

Handbuch der Erbbiologie des Menschen, herausgegeben von GÜNTHER JUST, in Gemeinschaft mit K. H. BAUER, E. HANHART, J. LANGE †. 1. Band: Die Grundlagen der Erbbiologie des Menschen. XI, 739 S. 366 Abbildungen im Text u. auf 6 Tafeln. Berlin: Springer 1940. Preis RM 121.50, geb. RM 126.—.

Mit Spannung wurde dieser grundlegende allgemeine Teil des von JUST herausgegebenen Handbuchs erwartet. Mit Dankbarkeit legen wir, befriedigt und erregt, das Buch nach dem ersten Durchlesen aus der Hand, um gewiß oft zu ihm zurückzukehren. Es ist JUST gelungen, für die einzelnen Kapitel hervorragende Sachkenner, die auf den von ihnen dargestellten Gebieten als Forscher Entscheidendes geleistet haben, zu gewinnen. So hat jedes Kapitel nicht nur einen gediegenen Inhalt, sondern auch einen höchst originalen Reiz. Der Rahmen ist weit gespannt, von der Chromosomenlehre bis zur Rassenhygiene. Das elementare genetische Wissen ist mit Recht vorausgesetzt. Grundsätzliche, theoretische Gesichtspunkte bilden überall die Ausgangsstellung, da „die menschliche Erbforschung nur auf diese Weise sich voll in die Genetik als Gesamtwissenschaft einzuordnen vermag". Aber auf das Verständnis des Menschen ist doch alles ausgerichtet.

Der Band umfaßt drei Hauptteile: 1. Genetische und entwicklungsphysiologische Grundlagen, 2. Konstitutionsbiologische und konstitutionspathologische Grundlagen, 3. Rassenbiologische Grundlagen.

HEBERER behandelt die Chromosomenverhältnisse des Menschen, besonders eingehend den Geschlechtschromosomenmechanismus, welcher die ersten Einblicke in die Anordnung von Genen in einem Chromosom beim Menschen gewährt. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY stellt die Beziehungen zwischen Genen und fertigen Merkmalen dar. Besonders die Fragen der Dominanz, der Auslösung desselben Merkmals durch verschiedene Gene (heterogene Merkmalsgruppen), verschiedener Merkmale durch ein Gen (Pleiotropie) und der variablen Genmanifestierung sind auch für die Erbpathologie des Menschen von großer Bedeutung. Sie werden von TIMOFÉEFF treffend gekennzeichnet und an geeigneten Modellbeispielen klar gemacht. KRISTINE BONNEVIE gibt zum erstenmal eine ausführliche zusammenfassende Darstellung der „genetischen Entwicklungsphysiologie". Diese sucht die Wege und Mittel der Genmanifestierung aufzuklären, die einzelnen genabhängigen Vorgänge und ihr Zusammenspiel in der Merkmalsbildung festzustellen. Die Verfasserin schildert die Experimentalergebnisse über die genabhängige Ausbildung der Zeichnungsmuster und der Augenpigmentierung bei Insekten, die Phänogenese von Mutationsmerkmalen bei Vögeln und, vor allem auf Grund ihrer eigenen hervorragenden Untersuchungen, an Säugern. Die Manifestation fast aller genauer analysierten Formbildungsanomalien bei höheren Wirbeltieren läßt sich auf Abänderungen früher Stadien der Embryonalentwicklung zurückführen. Ein kurzer Abschnitt von TIMOFÉEFF enthält die Ergebnisse über den „Positionseffekt" der Gene, d. h. die Erscheinung, daß die Wirkung eines Gens von den im Chromosom ihm benachbarten Genen beeinflußt wird. Sie wird sichtbar, wenn Chromosomenstücke abbrechen und umgelagert werden und damit neben andere Gene als im normalen Chromosomenverband gelangen. Diese Erscheinung führt bis nahe an die Wurzel der Genwirkung im Innern des Kerns heran. Einen breiten Raum nimmt die „Entstehung neuer Erbanlagen" ein. Eine Übersicht über die Ergebnisse der allgemeinen Mutationsforschung von TIMOFÉEFF, vor allem auf die planmäßigen Versuche an Drosophila aufgebaut, zeigt die Auslösbarkeit von Gen- und Chromosomenmutationen und das Vorkommen und die Bedeutung der Mutationen in der freien Natur. Die Beziehung der Röntgenstrahlendosis zur Mutationsrate gewährt einen ersten Einblick in die Natur der Gene als physikochemischer Struktureinheiten. PAULA HERTWIG behandelt die Mutation und ihre Auslösbarkeit durch kurzwellige Strahlen bei Säugetieren. Daß auch bei ihnen die spontane Mutationshäufigkeit nicht von anderer Größenordnung ist als bei den bestbekannten Laboratoriumsinsekten, zeigt das Vorhandensein unzähliger erblicher Varietäten und das beobachtete Neuauftreten normaler und pathologischer Erbmerkmale. Daß auch bei Säugetieren durch Röntgenstrahlen Chromosomen- und Genmutationen hervorgerufen werden können, ist experimentell nachgewiesen. Über die Möglichkeit einer Erbschädigung durch chemische Einwirkungen ist trotz umfangreicher, mühevoller Versuche noch nichts Sicheres auszusagen. Als wohlbegründete Forderung aus der experimentellen Mutationsforschung ergibt sich jedenfalls der möglichste Schutz der Keimdrüsen des Menschen vor kurzwelligen Strahlen. Dann folgt ein ungemein reichhaltiges Kapitel von HANHART über die „Entstehung und Ausbreitung von Mutationen beim Menschen", das die Genealogie (Geschlechterkunde) im Dienste der Erbbiologie auswertet. Die Methode der Ahnentafel und der Sippentafel wird besprochen, von denen die zweite hinsichtlich der Auffindung krankhafter Anlagen die aufschlußreichere zu sein pflegt. HANHART hat in langjähriger Arbeit in Schweizer Inzuchtgebieten mit einem Ahnenverlust bis zu 80% den Aufbau der gesamten eingesessenen Bevölkerung auf das Auftreten und die Verteilung von Erbmerkmalen über 5—7 Generationen hin durchforscht. Ähnlich günstige Vorbedingungen für die Feststellung des mutmaßlichen Ursprungs und der Ausbreitung von Erbänderungen fanden sich nur in Skandinavien. Von den ausführlich wiedergegebenen Beispielen (30 Sippen- und Abstammungstafeln) entstammt ein großer Teil HANHARTS eigener Beobachtung. Vor allem seine Analyse der Herkunft rezessiver Erbänderungen ist bewunderungswürdig und höchst lehrreich.

In dem Kapitel über „Die mendelistischen Grundlagen der Erbbiologie des Menschen" dringt JUST tief in die Problematik ein. Vielleicht sollten die Abschnitte „Grundergebnisse und Grundbegriffe" und „Die Umwelt" am Anfang des ganzen Bandes stehen, um ihm von vornherein die einheitliche Ausrichtung, auch im Terminologischen zu geben. Hier tritt der Gedankengang zutage, der den Herausgeber bei dem Aufbau des Bandes geleitet hat und der diesen zu einem geschlossenen Ganzen macht. Die hier scharf und eindringlich dargelegten allgemein-biologischen Gesichtspunkte klingen in den Beiträgen der Mitarbeiter mehr oder weniger deutlich immer wieder an. — Der Abschnitt über „Die MENDELschen Erbgänge" gibt straff zusammengefaßt die bisherigen Ergebnisse der Mendelistik menschlicher Erbmerkmale und weist vor allem auf die Grenzen des Erreichten und offene Fragen hin, zeigt auch Wege zu ihrer Lösung. JUST betont, daß die Undurchsichtigkeit der Erbverhältnisse beim Menschen vor allem in den verwickelten Beziehungen zwischen Erbanlage und Merkmalsausprägung, also in dem Gebiet der genetischen Entwicklungsphysiologie liegt.

Vollständige Dominanz und Rezessivität sind auch im Erbgeschehen unserer Versuchsobjekte nur Grenzfälle. An sie hat man sich zunächst gehalten, um die Gesetze der Verteilung der Erbanlagen durch die Generationen zu verfolgen. Erst jetzt gewinnen die entwicklungsphysiologisch schwierigen Fälle für uns theoretisch besondere Bedeutung, auch als Modelle für die Verhältnisse beim Menschen. In manchen Fällen konnte beim Menschen schon ein scheinbar unregelmäßiger Erbgang durch Beobachtung von „Mikromanifestationen" oder Nebenerscheinungen als „unvollständige Dominanz" aufgeklärt werden, wie wir sie aus dem Experiment kennen. Wiederholt wurde, besonders für psychische Erbleiden, ein Zusammenwirken mehrerer frei kombinierbarer Gene angenommen; aber JUST betont mit Recht, daß eine solche Hypothese „niemals den theoretischen Abschluß einer Untersuchung bilden kann, sondern ganz im Gegenteil nur dort berechtigt ist, wo von einer solchen Arbeitshypothese aus neue Forschungsmöglichkeiten erschlossen werden". Besonders wichtig und aussichtsreich erscheint es, die theoretisch und praktisch bedeutsame Erscheinung der Koppelung mehrerer Gene durch ihre Lagerung im selben Chromosom mit Hilfe von Sippschaftsuntersuchungen auf breiter Basis in Angriff zu nehmen. Bisher ist Sicheres nur über eine Reihe von geschlechtsgekoppelten Genen bekannt, wobei es auch gelungen ist, den Vorgang des Austauschs von Genen (für Bluterтum und Rotgrünblindheit) zwischen den Koppelungsgruppen der X-Chromosomen bei der Frau nachzuweisen. Eingehend bespricht JUST die multiple Allelie, d. h. das Mutieren eines Gens in verschiedene Zustandsformen. Klar liegt beim Menschen vor allem die Serie der den Blutgruppen zugrunde liegenden Allele. Hypothetisch lassen sich gewisse Abstufungen normaler Anlagen der Menschenrassen und familiär verschiedengradig ausgeprägte Erbleiden als Fälle multipler Allelie deuten. In einem kurzen, sehr anregenden Abschnitt kennzeichnet JUST „Die Erbgrundlagen der Konstitution". Es ist ein Hauptziel der Erbbiologie, den „Gefügecharakter der menschlichen Individualität" genetisch und entwicklungsphysiologisch zu erfassen. Die Lösung dieser Aufgabe ist noch fern; aber JUST zieht vorsichtig schon einige Linien, die auf sie hinzeigen.

Als Einleitung zu dem 2. Hauptteil stellt HANHART die Entwicklung des Konstitutionsbegriffs aus den Gesichtspunkten des Pathologen und Anatomen, des Klinikers und des Erbbiologen dar. Dann behandelt ZWICKY die Konstitutionsforschung an Säugetieren, die vor allem in der Nutztierzüchtung wertvolle Ergebnisse über Leistungen und Befähigungen in Abhängigkeit von bestimmten Körperbautypen ergeben hat. Sie könnte in der Zukunft vielleicht noch mehr als jetzt gewisse Modelle für die Verhältnisse beim Menschen liefern. Den Abschluß dieses Teils bildet die eingehende Darstellung der Konstitution des Menschen durch HANHART. Er gibt die Typologie der Konstitutionen, bespricht die Beziehungen zwischen Konstitutionsform und innerer Sekretion und Nervensystem und ihre Bedeutung für körperliche und geistige Leistungen. HANHART arbeitet klar heraus, daß die Konstitution nicht eine Summe von Einzelmerkmalen, sondern der Ausdruck der psycho-physischen Ganzheit des Individuums ist; er hebt aber ebenso hervor, wie wichtig es für eine naturwissenschaftliche Erkenntnis der Konstitution ist, die Kennzeichen ihrer Grundlagen und Äußerungen durch Maß und Experiment streng zu erfassen.

Als Anfang des letzten Teiles des Buches bringt NACHTSHEIM „Allgemeine Grundlagen der Rassenbildung". Wohl jede natürliche Rasse wie auch jede Haustierrasse ist durch einen mehr oder weniger großen Komplex von Genen von anderen Rassen unterschieden. In den wenigsten Fällen lassen sich die Entstehung der Einzelmutationen und der allmähliche Aufbau des ganzen die Rasse kennzeichnenden Gengefüges noch vollständig aufzeigen. Nur beim Kaninchen hat sich die Rassenbildung in so junger historischer Zeit vollzogen, und die genetischen Grundlagen seiner Rassenunterschiede sind, zu großem Teil durch NACHTSHEIM selbst, so eingehend analysiert, daß es als Musterbeispiel für die Haustierwerdung und die Rassengliederung einer Art überhaupt dienen kann. Aus der Nutztierzüchtung und dem Laboratoriumsversuch können gewisse Schlüsse auch auf die Rassen- und Artenumbildung in der freien Wildbahn gezogen werden. NACHTSHEIM wertet auch den zur Domestikation umgekehrten Vorgang, die Verwilderung von Haustieren, für die Erkenntnis der Rassenbildung aus. In manchen Fällen hat sich die „Rückkehr zur Natur" so erfolgreich vollzogen, daß verwilderte Haustiere in ihrer neuen Umgebung zu Landplagen geworden sind. Mit der erbanalytischen Untersuchung des seit DARWIN berühmten Porto-Santo-Kaninchens, das in 4—5 Jahrhunderten zu einer neuen Wildrasse geworden ist, hat sich NACHTSHEIM ein besonderes Verdienst erworben.

„Die jüngere Stammesgeschichte des Menschen" wird von HEBERER dargestellt. Auf Grund des „nahezu lückenlosen Fundmaterials, das wir zur Zeit schon besitzen, erscheint uns die Menschwerdung als ein kontinuierlicher Prozeß, dessen Kausalität nicht mehr offene Fragen darbietet, als das Werden anderer Organismen". Nach einem kurzen Überblick über die paläontologische Geschichte der Säugetiere wird die Geschichte der Altweltaffen vom unteren Oligocän herauf verfolgt. Die neuesten Anthropomorphenfunde aus Südafrika werden eingehend berücksichtigt. „Die Berechtigung der Auffassung, daß Gorilla—Schimpanse—Mensch im Miocän und wohl bis ins Pliocän hinein einen gemeinsamen Stamm bildeten, läßt sich durch ein großes Material stützen." Die Entfaltung der Hominiden während des Diluviums führt bis zu dem Schlußabschnitt der „Rassengeschichte des nordeuropäischen Menschen". Eine große Tatsachenfülle hat HEBERER knapp und übersichtlich zusammengestellt. Auch die Schwierigkeiten und ungelösten Fragen werden betont.

Den Schluß des Buches bildet eine großzügige Skizze der „allgemeinen Rassenbiologie des Menschen". ERNST RODENWALDT umreißt als bewährter Humangenetiker und erfahrener Kolonialhygieniker die Ergebnisse und Aufgaben einer „Ökologie der menschlichen Rassen". Alle Bevölkerungen, die wir vorfinden, sind im Physischen und Psychischen „Reaktionsprodukt ihrer Erbanlagen auf alle Besonderheiten ihrer Scholle, auf ihre Lebenslage. Alle Anthropobiologie der Zukunft hat zwei Voraussetzungen, eine immer tiefer schürfende Analyse der Erbanlagen und ein vertieftes Wissen um alle überhaupt erkennbaren Einflüsse, die an der Ausformung des Phänotypus Anteil haben". Das meiste ist noch von der künftigen Forschung zu leisten. Wir wissen noch kaum Exaktes über das wichtigste ökologische Grundproblem der Akklimatisation einer Rasse in einem ihr fremden Klima, der individuellen Akklimatisation des Einzelnen für die Dauer seines Lebens, familiärer Akklimatisation im Sinne der Möglichkeit gesunder Geburten und der gedeihlichen Aufzucht von Kindern und der dauernden Siedlungsmöglichkeit ganzer Volksgruppen mit ihren verschiedenen beruflichen Arbeitskreisen in fremdem Klima für Generationen. Dabei handelt es sich nicht nur um physische Erhaltung, sondern auch um die Möglichkeit kultureller

Entwicklung. Jedenfalls ist die Anpassungsfähigkeit der Rassen sehr ungleich. Die der Chinesen ist ungewöhnlich weit. Uns interessiert vor allem der Europäer. Sieht man ab von Nordaustralien, dessen Klimacharakter kein typisch tropischer ist, so „ist kaum ein anderer Schluß möglich, als daß die Ungunst des tropischen Klimas, aller seiner Einflüsse, abzüglich der Tropenkrankheiten, den europäischen Siedler zwar nicht zur physischen, aber zu seelischer Verkümmerung und damit zu kulturellem Stillstand, wo nicht Niedergang verdammen". Auch zur Beantwortung der Frage, wieweit die besondere Rassenkonstitution eine Disposition zu bestimmten Krankheiten und bestimmten Krankheitsverläufen bedingt, fehlen noch die exakten Beobachtungen. Die Untersuchungen über vergleichende Rassenanatomie, Rassenphysiologie und Rassenpathologie stecken noch ganz in den Anfängen. Das meiste, was vorliegt, ist unzuverlässige „Eindruksstatistik". Die sinnfälligsten und unmittelbar empfundenen Unterschiede zwischen den Rassen liegen in den „reaktiven Eigenschaften", im psychischen Verhalten. Sie sprechen sich in ihrer Kulturgeschichte aus. Rassenpsychologisch sind auch sie noch nicht erfaßt. Verschiedenheiten in der Rassen-Psychopathologie können mit ihnen zusammenhängen. In einem Abschnitt über „Rassenzersetzung und Rassenneuaufbau" wird das Problem der Mischlingsbevölkerung behandelt mit dem „Zentralpunkt der psychisch bedingten Haltung der Mischlinge". Ein Schlußabschnitt über den „Rassentod" zeigt, wie nicht nur primitive, sondern auch hochentwickelte Rassen untergehen können, wenn „die gegenseitige Abstimmung von Rasse und Umwelt ins Wanken kommt". Wir brauchen nicht nach Tasmanien oder Neuguinea zu gehen um echte Aussterbeerscheinungen zu beobachten: „In unseren Großstädten haben wir in sinkenden Geburtenziffern ein offensichtliches Versagen der Anpassungsfähigkeit in klaren statistischen Zahlen vor Augen."

Der stattliche, reich ausgestattete Band mit einem Namen- und ausführlichen Sachregister gibt einen ausgezeichneten Überblick über die Grundlagen der Erbbiologie des Menschen. Trotz der großen Anzahl der Einzelbearbeiter und ihrer ausgesprochenen Eigenart sind die Schwächen der meisten derartigen Sammelwerke, Überschneidungen und Widersprüche zwischen den Darstellungen der Einzelnen, glücklich vermieden. Der Band ist ein wohlgefügtes Ganzes. Er kann, wie das Handbuch überhaupt, in einem Zeitpunkt, in dem sich die Einzelforschung auf diesem Gebiet ungeheuer ausbreitet, dazu dienen, der Zersplitterung der Anschauungsweisen, Darstellungen und Benennungen vorzubeugen. Die Gefahr einer Zersplitterung und eines Sich-nicht-mehr-Verstehens ist in der Erbforschung am Menschen so groß, weil Spezialisten von vielen Einzelgebieten zur Vererbungsforschung vorstoßen, vielfach ohne die allgemein-genetische Problemlage und die Ergebnisse der experimentellen Genetik und der Nachbargebiete der menschlichen Erbforschung zu übersehen. So wird das von Just herausgegebene Handbuch für alle erbbiologisch Arbeitenden unentbehrlich sein, nicht nur für den Arzt, den Rassenhygieniker, Anthropologen und Ethnographen, sondern auch für den Biologen, dem es den ungeheuren Reichtum des am Menschen Erarbeiteten vermittelt. Diese allgemeine Erbbiologie des Menschen bringt aber nicht nur eine Ordnung des bereits Gewußten und Erkannten, sondern sie stellt auch eine Fülle von Forderungen an die künftige Forschung. Sie gibt nicht nur eine Lehre, sondern auch ein Programm. Das verleiht ihr einen besonderen Wert.

A. Kühn, Berlin-Dahlem.

WEYL, RICHARD, Bau und Geschichte der Cordillera Central von Santo Domingo (West-Indien). Veröffentlichungen des Deutsch-Dominikanischen Tropenforschungsinstitutes Hamburg, Bd. II. VIII, 59 S., 12 Abbild. im Text, 2 Karten, 9 Tafeln. Jena: Gustav Fischer 1941. Preis brosch. RM. 8.50.

R. Weyl teilt das Ergebnis einer einjährigen geologischen Geländearbeit mit, die er als geologisches Mitglied des Deutsch-Dominikanischen Tropenforschungsinstitutes ausgeführt hat.

Ältere Arbeiten liegen über San Domingo besonders von amerikanischer (W. Gabb, Woodring u. a.), doch auch schon von deutscher Seite (R. Ludwig, W. Sievers, W. Bergt) vor. Sie werden nunmehr besonders in bezug auf die Zentral-Kordillere San Domingos ergänzt, die weithin aus kristallinen Schiefern von unsicherem Alter besteht. Diskordant folgt eine mächtige Serie von Sedimenten, Eruptiven und Eruptivtuffen der Kreidezeit als Absätzen eines Geosynklinalraumes, der das gesamte Antillengebiet einst umspannt hat. Diesen Absätzen ist am Ende der Kreidezeit die erste große Faltung gefolgt, und damals ist es in Santo Domingo wie so ziemlich im gesamten Antillengebiete zu bedeutsamen Intrusionen granodioritischer Gesteine gekommen. Ihnen waren Intrusionen hochbasischer Gesteine (Periodotite, zumeist als Serpentine vorliegend) vorangegangen. Die nördliche und südliche Flanke der Kordillere nehmen mächtige Tertiärablagerungen ein, deren älteste noch in das Gebirge eingreifen. Diese sind wenigstens regional am Ende des Eozäns noch stärker gefaltet worden. Danach verfiel der Raum der Kordillere einer Abtragung und Einebnung, und nur noch außerhalb von ihm vollzogen sich in schmalen Beckenzonen jüngere Sedimentationen, die von einer Reihe schwächerer orogener Vorgänge unterbrochen wurden. Diese Becken sind in junger Zeit — indem an ihren Rändern Verwerfungen aufrissen — zu „Gräben" umgestaltet worden.

Die Strukturlinien San Domingos zeigen eine deutliche Gabelung. Das Kristallin der Zentral-Kordillere und die südliche Sedimentationszone biegen nämlich aus dem im Westen der Insel verfolgten west-östlichen Streichen plötzlich nach Süden ab und erreichen mit fast nord-südlicher Richtung das Karibische Meer, unter dem ihre Fortsetzung zu suchen ist, während lediglich die sedimentäre Nordzone das östliche Streichen beibehält, das sich weiterhin auf Portorico fortsetzt. Diese Feststellungen berühren das sehr interessante *Problem des Antillen-„Bogens"*. Bekanntlich wird das Karibische Meer wie im Norden von den Großen Antillen so im Osten von den Kleinen Antillen und im Süden durch die Venezuela vorgelagerten Südlichen Antillen (Curaçao) usw. umgrenzt, d. h. die Gesamtantillen bilden, rein geographisch gesprochen, um das Karibische Meer einen großen, gegen den Atlantischen Ozean gewandten Bogen. In der geologischen Deutung dieser Sachlage stehen sich zwei Auffassungen gegenüber. Die eine, die ihren Hauptvertreter in E. Suess gehabt hat, nimmt an, daß der morphologische Bogen zugleich ein Faltungsbogen sei, d. h. daß die Kleinen Antillen das Verbindungsstück zwischen den west-östlich gerichteten Faltenzügen einerseits der Großen Antillen und anderseits der Südlichen Antillen umschlössen. In diesem Antillen„bogen" erblickte Suess (1885) schon im ersten Bande des „Antlitz der Erde" das transatlantische Gegenstück zum Gibraltar-Bogen, mit dem auf der Ostseite des Atlantik das große eurasiatische Gebirgssystem am Ozean endigt. Eine andere Auffassung, die in neuerer Zeit besonders energisch, aber nach des

Referenten Meinung wenig glücklich, von R. STAUB vertreten worden ist, geht dahin, daß die Faltungen der Antillen sich nicht bogenartig in sich schließen, sondern einst durch den Raum des heutigen Atlantik Verbindung mit den jungen Falten Südeuropas gehabt haben. Allerdings ist nicht zu verkennen, daß sich gegen den Gedanken des Antillen„bogens" aus dem beschränkten Beobachtungsmaterial, das über das Streichen der Faltungen im Untergrunde der Kleinen Antillen bisher gewonnen werden konnte, Bedenken ergeben, indem dieses Streichen sich der Vorstellung der großen Faltenumbiegung nicht recht einfügen will; und im Hinblick hierauf hat Referent in der „Einführung in den Bau Amerikas" dem Gedanken des Bogenschlusses der antillischen Faltungen eine Variante zu geben versucht, die den Beobachtungen über das Streichen der Faltungen in den Kleinen Antillen gerecht wird. Wie dem auch sei, so sind jedenfalls die erwähnten WEYLschen Feststellungen auf San Domingo insofern für das Gesamtproblem bedeutungsvoll, als sie ein Beispiel dafür geben, daß schon innerhalb des Antillenraumes, d. h. schon erheblich westlich der Kleinen Antillen, *Abbiegungen nach Süden* erfolgen, wie sie weiter östlich dem Gedanken des Antillenbogens zugrunde liegen. Damit entkräftigt der Verf., wie er sagt, auch die STAUBsche Auffassung, daß im Antillenbereich keinerlei Anzeichen für ein Einlenken der Strukturen nach Süden beständen. H. STILLE.

PERSICO, ENRICO, **Introduzione alla Fisica Matematica.** Redatta dal Tino Zeuli. Bologna: Nicola Zanichelli Editore 1941. XV, 393 Seiten. 162 Abbild. 18 cm × 25 cm.

Das schöne Buch bildet eine erfreuliche Bereicherung einer Literaturgattung, die in Deutschland fast nur etwa durch das RIEMANN-WEBERsche Buch vertreten ist: Es steht in der Mitte zwischen den Lehrbüchern der theoretischen Physik einerseits und den rein mathematischen Schriften (etwa COURANT-HILBERT) andererseits. Der Unterschied gegenüber rein mathematischen Darstellungen liegt darin, daß die Klärung der physikalischen Vorstellungen überall als eigentliches Ziel voransteht. Indem jedoch ohne Beschränkung auf eine einzelne Disziplin das Gesamtgebiet der Makrophysik durchwandert wird, ergibt sich Gelegenheit, die durchgehenden formalen Analogien zu verfolgen, welche es ermöglichen, eine Reihe grundlegender mathematischer Gedankengänge immer wieder zur Präzisierung und Ausführung der Vorstellungen in verschiedensten physikalischen Sachgebieten zu verwenden.

Nach einleitenden Ausführungen über kontinuierliche Medien, Skalar- und Vektor-Felder wird die LAPLACE*sche Differentialgleichung* erörtert: dazu komplexe analytische Funktionen, konforme Abbildung, Probleme von DIRICHLET und NEUMANN. Die dann folgende *Potentialtheorie* wird auch auf die Theorie der Dielektrika mitausgedehnt. Die Theorie der *Saiten* und *Membranen* gibt Gelegenheit, auf FOURIER-*Reihe* sowie BESSEL*sche Funktionen* einzugehen (aber auch die D'ALEMBERTsche Lösungsmethode kommt ausführlich zu ihrem Recht). Nach ausführlichen Kapiteln über *Elastizität* und *Elektromagnetismus* sowie einem kürzeren über *Wärmeleitung* (und Diffusion) folgt im Kapitel „die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik" ein reizvoller Vergleich der verschiedenen makrophysikalischen Erscheinungsgebiete mit Herausarbeitung ihrer mathematischen Analogien. Zum Schluß folgt eine kurze Erläuterung der Grundgedanken der speziellen Relativitätstheorie. Daß dabei auf die vierdimensionale Schreibweise verzichtet wird, entspricht der allgemeinen Tendenz des Buches, das Erfassen des physikalisch Wesentlichen als die Hauptaufgabe zu betrachten, gegenüber welcher das rein Mathematische zurücktritt, soweit es nicht unmittelbar unentbehrlich ist. P. JORDAN.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

An 6 Abenden im Januar/Februar 1941 veranstaltete die Gesellschaft eine koloniale Vortragsreihe mit dem Gesamtthema: **Das afrikanische Kolonialproblem.** Den ersten Vortrag hielt Herr C. TROLL, Bonn a. Rh., am 13. Januar 1941 über **Koloniale Raumplanung in Afrika.** Durch den Einbruch des technischen Zeitalters hat das koloniale Afrika in den letzten Jahrzehnten einen gewaltigen Umbruch seiner sozialen Struktur erlebt. Das hat für die farbigen Völker der Kolonien eine weltanschauliche Umwälzung herbeigeführt, deren Gefahren mit weiser Lenkung begegnet werden muß. Der deutschen Völkerkunde gebührt das große Verdienst, daß sie von sich aus den Zweig der kolonialen Ethnologie gepflegt hat. Diese ist von großer Wichtigkeit besonders für die Frage der anzuwendenden Betriebsformen, die nicht nur vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt aus, sondern auch von dem der sozialen Betreuung zu werten ist.

Der farbige Mensch ist das erste koloniale Grundkapital. Das zweite ist der Boden, an dem bisher durch die Kolonisation ein erschreckender Raubbau getrieben worden ist; auf große Strecken hin hat das Land seine wirtschaftliche Tragfähigkeit weitgehend eingebüßt. Verschlechterung des Wasserhaushaltes und Bodenabspülung sind gefährliche Erscheinungen, die nicht durch eine klimatische Austrocknung zu erklären, sondern ganz allgemein als Wirkungen der menschlichen Bodennutzung anzusprechen sind. Sie erfordern eine gründliche wissenschaftliche Analyse und mühevolle praktische Versuchsarbeit. *Ganzheitsforschung* ist hier nötig. Im Mittelpunkt steht die Ökologie der Landschaft in weitestem Sinne, eine Haushaltskunde der Naturlandschaft und der menschlichen Wirtschaft.

Außer mit den Eingeborenen und der Landschaft hat sich die Planung dann noch mit den Beziehungen zum Mutterlande zu befassen, dessen politischer Wille, Kultur und Interessen von maßgebender Bedeutung sind. Zu den innenbürtigen treten somit die außenbürtigen Kräfte. — Die Planungswissenschaften müssen übrigens auch bei der Neuziehung der Grenzen gehört werden; bisher gab es ja nur schematische Grenzen.

Der Vortr. griff nun einige wissenschaftliche Fragen heraus: die Landschaftsökologie und die Landschaftsplanung. Er nannte zunächst einige Ungunstfaktoren, denen es zu begegnen gilt. Auf der Geologie Afrikas beruht der Mangel großer, randlich gelegener Schwemmlandebenen; die vorhandenen liegen im Innern: das Niger-Becken, die Tschadsee-Becken, das Becken des Weißen Nils, das Kalahari-Becken und Teile des Kongo-Beckens. Einen zweiten Ungunstfaktor bilden die für einen Tropenkontinent ungewöhnlich großen Trockengebiete, denn die Fläche der Gebiete, in denen Regenfeldbau möglich ist, beträgt nur wenig mehr als die Hälfte der Gesamtfläche des Erdteils. Ein dritter

Ungunstfaktor besonders des tropischen Afrikas ist die Verbreitung der Tsetsefliegen. Die Bekämpfung der durch sie übertragenen Krankheiten ist heute wohl die größte Kulturaufgabe der Europäer in Afrika.

Die Feuchtigkeitsverteilung bestimmt wesentlich die Verbreitung der Wirtschaftsformen, aber auch die Verteilung der eingeborenen Bevölkerung, wenn man von den — allerdings dicht besiedelten — Oasengebieten absieht. Nach ganz anderen Gesichtspunkten verteilt sich die europäische Bevölkerung Afrikas, die mit 4,7 Millionen etwas mehr als 3% der Gesamtbevölkerung ausmacht; hygienische Gesichtspunkte sind der Grund, daß die Subtropen das Hauptsiedlungsgebiet für Weiße sind und auch bleiben werden.

Quantitativ betrachtet ist die wirtschaftliche Erschließung Afrikas noch nicht weit vorgeschritten. Nur etwas mehr als 9% der gesamten Tropen-Weltwirtschaft sind heute afrikanische Weltwirtschaft. Ursachen dieses relativ geringen Wirtschaftswertes des heutigen Afrikas sind: die sehr späte Erschließung des Erdteils; die schon genannten Ungunstfaktoren; die ungenügende Verkehrserschließung, insbesondere durch den Mangel an schiffbaren Flüssen; endlich die zu geringe Zahl der eingeborenen Bevölkerung. Es sind also mannigfache Aufgaben zu lösen.

In der kolonialen Landesplanung muß man den Blick auf den inneren räumlichen Aufbau der einzelnen Kolonien richten. Der Vortr. schilderte zunächst das mittlere Natal, das im Laufe seiner 100jährigen Kolonialgeschichte bereits eine geschlossene Wirtschaftsstruktur angenommen hat. Die meisten afrikanischen Tropengebiete harren aber noch der entsprechenden Erschließung. Dies wurde an verschiedenen Beispielen erläutert, indem Landschaftshaushalt und Bodennutzung im Kongo-Regenwald, sowie im Grasland und Trockenwald mit seinen großen Problemen der Tsetse und der Bodenabspülung eingehend geschildert wurden.

Zum Schluß erörterte der Vortr. die Methoden der kolonialen Landesplanung. Vor allem muß das Material zusammengetragen, d. h. die sog. Bestandsaufnahme gemacht werden. Dazu ist einerseits eine topographische Kartierung des Landes Voraussetzung. Sie genügt aber nicht, vielmehr brauchen wir die Landschaftsökologie, d. h. die Kenntnis der Landschaftsgrundlagen in ihrer wirklichen Raumanordnung, in ihrem Verbreitungsgefüge. Ein Mittel, diesen Überblick verhältnismäßig rasch zu gewinnen, bildet die moderne Luftbildaufnahme. Da Pflanzendecke, Boden, Bodenklima und Mikroklima in einem engen ökologischen Abhängigkeitsverhältnis stehen, wird der Luftbildplan, der die Typen der Vegetation ausgezeichnet erkennen läßt, zum sichtbaren Indikator einer ganzen Reihe von Standortsfaktoren. In der Verbindung der linienhaften terrestrischen Untersuchungen und der Deutung des flächenhaften Luftbildes liegt also die methodische Aufgabe. Deutschland, das die Aufnahmemethoden der Photogrammetrie und Aerotopographie führend entwickelt hat, hat hier eine große wissenschaftliche Mission zu erfüllen.

Am 20. Januar 1941 erörterte Herr F. Lütz ow, Berlin, in vorwiegend geschichtlich orientierten Ausführungen die engen Beziehungen zwischen **Seemacht und Kolonien**. Stark betont wurde die Bedeutung der richtigen Auswahl von Stützpunkten in den überseeischen Besitzungen. Kurt Kaehne.

Herr D. Westermann, Berlin, sprach am 27. Januar 1941 über das Thema: **Wir und die Eingeborenen**. Der Vortr. ging davon aus, daß eine Beherrschung fremden Landes und Volkes nicht in Ausbeutung ausarten darf, sondern als Aufgabe verstanden werden muß. Herrscher und Beherrschte hat es in Afrika immer gegeben. Sie unterscheiden sich stets durch Rasse und Kulturstufe. Seit Jahrhunderten stießen hellhäutige Hirtenvölker — wie man annimmt, aus dem Nordosten des Kontinents — nach Süden und Westen vor und unterwarfen die ackerbautreibende Negerbevölkerung. Die bedeutendste Staatsgründung schufen die Fulbe im westlichen Sudan zu Beginn des vergangenen Jahrhunderts. Nach Ostafrika drangen fremde Hirten von Norden her vor und gründeten Reiche in Uganda, Ruanda und Südrhodesien. Einzelne Stämme, wie die Hereros, gelangten bis nach Südafrika. Arbeit galt den Hirten als Sklavendienst und wurde der großen Masse der unterworfenen hackbautreibenden Neger überlassen, bei denen Hausbau und Gewerbe stark entwickelt waren. Die eingeborene Negerbevölkerung hatte den zahlenmäßig schwächeren Hirtenvölkern nichts anderes entgegenzustellen als die große Kraft, die in ihrer Fähigkeit zur Assimilisation liegt, und der die Eroberer jedesmal verfielen, indem sie über kurz oder lang in den Eroberten aufgingen. Nicht unempfänglich für Neues, übernahm dabei der Neger vom Fremden nur das, was seiner Art entsprach, und ließ verfallen, was seiner Neigung zum Beharren entgegenlief. So sind die großen Reiche vergangen und haben nirgends ein Nationalbewußtsein hinterlassen.

Auch die erste Berührung mit den Weißen, die handeltreibend an den Küstenplätzen der Guineaküste erschienen, blieb ohne Bedeutung für die Eingeborenen. Zwar übernahmen sie auch jetzt, was zu ihrer Negerkultur paßte, und so haben sich Maniok und Mais, damals von den Portugiesen aus Amerika eingeführt, über ganz Afrika verbreitet; auch kam es stellenweise zu Stammeswanderungen, wenn Stämme des Hinterlandes zur Küste drängten, um den Zwischenhandel auszuschalten. Aber für Lebensweise und innere Haltung blieben alle diese Dinge ohne Einfluß.

Die Schicksalsstunde für die Eingeborenen kam erst, als sie in dauernde Berührung mit den Europäern traten. Diese sahen im Neger zunächst nur einen Gegenstand der Ausbeutung; ihr Ziel war nicht Kolonisation, sondern Gründung von Handelsunternehmungen, und die Hauptware wurde der schwarze Mensch. Der Sklavenhandel war in Afrika zwar schon seit Jahrtausenden üblich, wurde aber nie so systematisch betrieben wie von den Weißen.

Später haben dann die in Afrika kolonisierenden europäischen Nationen — jede auf ihre Art — die Eingeborenen auch innerlich zu gewinnen versucht, indem sie ihnen in Schule und Verwaltung die Sprache und Kultur des Mutterlandes nahebrachten. Das führte naturgemäß zur Auflösung der alten Stammesbindungen. Jetzt beginnen die Eingeborenen selbst, sich auf ihre rassischen Besonderheiten zu besinnen, und gerade solche, die durch die europäische Schule gegangen sind, kehren — vorläufig noch eine Minderheit — zu ihrem Volk zurück. Heute ist aber auch das Problem, das dem Europäer gestellt ist, erkannt: Er hat eine Afrikanisierung der Verwaltung anzustreben und diese aus der Eingeborenenkultur zu entwickeln; er muß die Schäden, die er durch die Auflösung der alten Bindungen bringt, selbst bekämpfen. Gibt es auch den ursprünglichen, in seiner ganzen Lebensform unbeeinflußten Eingeborenen nicht mehr, so sind die Wurzeln des afrikanischen Volkstums doch noch weitgehend gesund und wachstumskräftig. Auch handelt es sich ja nicht darum, das Bestehende so zu erhalten, wie es ist, sondern es in solche Bahnen zu

lenken, daß es leben kann. Durchaus erfreuliche Ansätze in dieser Richtung sind vorhanden, z. B. in dem günstigen erzieherischen Einfluß der Basler Mission an der Goldküste. Sie haben gezeigt, daß Fortschrittlichkeit nicht zur Entwurzelung zu führen braucht.

Für uns Europäer ergibt sich dem Eingeborenen gegenüber die dreifache Aufgabe: Wir haben ihn vor Überfremdung zu schützen, daß er nicht wahllos, maßlos, sinnlos Neues übernimmt und sich dabei selbst verliert; wir müssen ihn zur Selbstachtung erziehen, und dazu müssen wir sein afrikanisches Vätererbe auch selber kennen. H. KNOBLOCH.

Am 3. Februar 1941 legte Herr E. OBST, Breslau, in eingehenden, mitreißenden Ausführungen **Die wirtschaftliche Bedeutung der afrikanischen Räume** dar. Das Verhältnis Europas zu Afrika hat in den letzten Jahrhunderten einen grundlegenden Wandel erfahren. Das Mittelmeer war Bindeglied zum Abendland gewesen, aber der Einfluß reichte nicht über die mittelmeerischen Gestade. Später, im Zusammenhang mit der Entdeckung des Seeweges nach Indien, erfolgte die punktförmige Kolonisation an den Küsten. Dann die dritte Phase: Afrika als Sklavenland. Im 19. Jahrhundert endlich entstand langsam ein neues Afrika. Man fand Bodenschätze, namentlich im Süden; der Kontinent füllte sich von Süden her mit Menschen. Aber erst als überall in der Welt der Drang nach Selbstbestimmung aufkommt und die Enteuropäisierung beginnt, da beginnt auch das Zeitalter der Großraumwirtschaft. Wir ordnen jedem Wirtschaftsraum der Welt *seinen* Tropenraum zu, und wir fordern nun den afrikanischen Wirtschaftsraum für Europa: Europa und Afrika eine Großraum-Wirtschaftseinheit! So ist Afrika der Schicksalskontinent für Europa geworden.

Wir wollen aber keine Monopole aufrichten. Es handelt sich nicht nur um eine räumliche Umorientierung, sondern zugleich um ein ethisches Umdenken: wir meinen nicht das Ausbeuten, sondern ein Nehmen und Geben gegenseitig.

Man hat Afrika den Kontinent der Monotonie, der Weite und Einförmigkeit genannt. Und doch ist es alles andere als eine Einheit. Der Vortr. unterschied vier große afrikanische Natur- und Wirtschaftsräume, für deren Charakterisierung das Klima von wesentlicher Bedeutung ist. Zuerst *Nordafrika*, d. h. die Atlasländer, die geologisch ein Glied des großen Gebirgssystems Europas darstellen, und das anschließende Flachland. Hauptkulturen sind die mittelmeerischen Kulturen der Weinrebe und besonders des Ölbaums: nicht Getreide-, sondern Ölkammer soll Nordafrika werden. Wo man künstliche Bewässerung anwenden kann, kommen auch die Agrumen dazu. Von Bedeudung sind auch die Bodenschätze des Atlas.

Der zweite afrikanische Raum ist *Westafrika*, vom Senegal bis zum Kongobecken einschließlich. Es ist ein zweikammeriger Raum: ein Urwald-Westafrika und ein Savannen-Westafrika. Was die wirtschaftliche Bedeutung anlangt, so ist der für den erstgenannten Teil charakteristische Urwald mit seinem ungesunden Klima und seinen Verkehrsschwierigkeiten zunächst ein Minus. Die Aufgabe des Europäers ist hier eine tropische Forstwirtschaft, um die Basis für Zellulosefabrikation zu schaffen. Außerdem sind wichtige Kulturen zu pflegen: die Ölpalme, deren Erträge man durch systematische Saatzucht zu steigern bestrebt ist; der Kakao, der hier schon jetzt 60% der Welterzeugung ausmacht; der zur Zeit noch wenig genutzte Kautschuk; endlich die Banane. — Eine ganz andere Welt stellen die Grasländer der Binnengebiete dar. Hier spielt der Ackerbau eine sehr große Rolle, daneben die Viehzucht. Auf letztere ist besonderer Wert zu legen. Bis jetzt betreiben die Eingeborenen eine Thesaurierung der Viehbestände; eine Mobilisierung dieser Bestände für die Ausfuhr von Häuten und Fellen ist erforderlich. Baumwollanbau mit künstlicher Bewässerung ist im Gebiet des oberen Niger und im Tschadsee-Gebiet aussichtsreich. Wichtig ist auch die Kultur der Erdnuß als Ölfrucht. Da auch Bodenschätze nicht fehlen, ist das zweikammerige Westafrika eines der reichsten Gebiete, muß aber zu einer wirtschaftlichen Einheit zusammengeschweißt werden, wie dies in Nigeria schon weitgehend geschehen ist.

Ostafrika von Abessinien bis zum Sambesi ist eine trockene Tropenlandschaft mit Savannen, Buschlandschaften und Galeriewäldern; der Urwald fehlt, abgesehen von einigen aufragenden Massiven, so gut wie ganz. Die leichte Gangbarkeit ist ein starkes Plus. Die grundlegenden Wirtschaftszweige sind Ackerbau und Viehzucht — wiederum mit der Aufgabe der Mobilisierung der riesigen Viehbestände. Die Europäer haben Kaffee- und Teekultur sowie den heute hochbedeutenden Anbau der Sisalagave hierher gebracht. Bodenschätze scheinen vorhanden zu sein, müssen aber noch erforscht werden.

Endlich *Südafrika*, vorwiegend subtropisches Gebiet, wo im großen ganzen kein Regenfeldbau mehr möglich ist. Die Viehzucht überwiegt, stellenweise (in Südwestafrika) auf die Zucht des Persianerschafes und der Angoraziege spezialisiert. Die beherrschende Rolle aber spielt ein unsagbarer und ungeheuer vielseitiger Reichtum an Bodenschätzen; am Bergbau hängt hier alles!

Der Vortr. schloß mit dem Gelöbnis, daß wir nicht Besitzende werden wollen, sondern daß wir auch unsere Pflicht wissen, zu geben, und zwar neben Frieden, Kulturruhe und sozialer Ruhe drei große Dinge: 1. systematische Verkehrserschließung, insbesondere die Sorge für den rentablen Abtransport der Güter; 2. die Bekämpfung der Seuchen, wodurch auch unermeßliche Wirtschaftswerte zu retten sind; und 3. den Ausbau einer großzügigen Wasserwirtschaft — ein Programmpunkt von allergrößter Bedeutung.

Wenn wir uns so im Nehmen und Geben aufeinander einstellen, dann ist es wahr: Afrika und Europa gehören zusammen!

Herr R. ASMIS, Berlin, sprach am 10. Februar 1941 über das Thema **Erfahrungen aus meinen kolonialen Wanderjahren.** Es sind reiche Erfahrungen, die der Vortr. während vieljähriger diplomatischer Tätigkeit in den Kolonien der verschiedensten Nationen gesammelt hat. Was die Fähigkeit des Weißen anlangt, sich in die ihm gänzlich fremden äußeren Verhältnisse des kolonialen Lebens einzugewöhnen, so lassen sich dafür einfache Regeln nicht aufstellen. Die Reaktion auf die natürliche Umwelt ist sehr verschieden; selbst die Behauptung, daß der Europäer in den Tropen nicht körperlich arbeiten könne, ist nur bedingt richtig. Von größter Bedeutung ist das richtige Wohnen, und es besteht noch heute die Aufgabe, das ideale Tropenhaus zu schaffen. Neben der körperlichen ist die seelische Beanspruchung nicht zu unterschätzen.

Ein Hauptproblem aller kolonialen Betätigung ist das Verhältnis zu den Eingeborenen. Das an sich notwendige Bewußtsein des Weißen, daß er den Eingeborenen als Herr erscheinen muß, darf nicht dazu führen, daß Würde mit Überheblichkeit verwechselt wird. Charakterliche Bewährung ist also notwendig. Der Hauptgrundsatz ist der der Rassentrennung, der in den englischen Kolonien im großen ganzen gültig ist,

wenn er auch in den letzten Jahren verschiedentlich durchbrochen worden ist. Die Franzosen kennen keine Rassentrennung; auch die Holländer haben sich — z. B. auf Java — vielfach mit Eingeborenen vermischt. Bemerkenswert war der Hinweis des Vortr., daß auch die Eingeborenen die Mischung nicht immer anerkennen.

In der Verwaltung gibt es zwei verschiedene Systeme. Das „indirekte" System bedient sich der Häuptlinge, Könige usw., also der alten Stammesorganisation, während sich das „direkte" System unmittelbar durchsetzt. Die Entscheidung über diese Grundfrage bestimmt den ganzen Aufbau der Verwaltung. In der alten deutschen Kolonialzeit sind beide Systeme je nach den örtlichen Verhältnissen angewendet worden. In der Frage der Erziehung ist der Eigenart der Eingeborenen weitgehend und mehr als früher Rechnung zu tragen. Das ganze Eingeborenenproblem ist heute besonders schwierig, weil das Verhalten der Eingeborenen seit dem Weltkriege ganz anders geworden ist. Wenn Deutschland wieder Kolonialmacht geworden sein wird, wird es seine Aufgabe sein, die Führung in dem Wiederaufbau der gemeinsamen Front der Weißen gegenüber den Farbigen zu übernehmen.

Zum Schluß betonte der Vortr. noch einmal, daß das wertvollste Gut aller Kolonien die Menschen sind, die Weißen sowohl wie die Farbigen.

Am letzten Abend der kolonialen Vortragsreihe, dem 17. Februar 1941, berichtete Herr L. Kohl-Larsen, Schlachters bei Lindau a. B., über die Ergebnisse seiner Afrikafahrten: **Meine Expeditionen in Deutsch-Ostafrika 1934—1936 und 1937—1939.** Nach einer ersten Erkundungsfahrt im Jahre 1932, die dazu diente, mit einem kleinen primitiven Volk — den Tindiga — in Berührung zu kommen, unternahm der Vortr. 1934 seine erste große Expedition, die 23 Monate dauerte und ihn über das ganze abflußlose Gebiet Deutsch-Ostafrikas führte. Die Reise verfolgte volks- und sprachkundliche Ziele; Begleiter war der Hamburger Sprachwissenschaftler P. Berger. Hauptarbeitsgebiet war der Njarasa-Graben und das benachbarte Wanderungsgebiet der Tindiga. Es wurde festgestellt, daß das ganze bereiste Gebiet im Alt- und Jungpaläolithikum dicht besiedelt war; viele Dokumente einer geschichtlichen und vorgeschichtlichen Kunst, besonders Felsmalereien, wurden gefunden. Die Arbeiten der Expedition fanden ihre Krönung in dem Fund eines fossilen Menschenrestes, des ersten Affenmenschen auf dem afrikanischen Kontinent.

Der etwa 80 km lange, durchschnittlich 15 km breite Njarasa-See ist einer der abflußlosen Seen im Zuge der ostafrikanischen Gräben. Es ist ein Salzsee, der einen großen Teil des Jahres ohne Wasser daliegt. In den Randgebieten findet sich nur geringe Vegetation, die aber landeinwärts bald stärker wird, teils kleinwüchsige Buschlandschaft, teils eine charakteristische Häufung von Schirmakazien oder Euphorbien, weiter im Osten typische Parklandschaft oder Hügellandschaft mit Beständen von Affenbrotbäumen. Der reiche Tierbestand ist fast ungebrochen: Flußpferde, Büffelherden, Elefanten, Nashörner; seltener der Löwe. Daneben große Herden von Zebras, Gnus, Antilopen. Das Klima ist ein ausgesprochenes Trockenklima; typisch ist in der regenlosen Zeit das Vorherrschen starker Ostwinde. Außerordentlich starke Denudationserscheinungen wurden beobachtet.

Bei den untersuchten kleinen Reststämmen, zu denen auch die Tindiga gehören, fand sich kein einheitliches rassisches Bild. Es ist jedoch ein Grundstock von Pygmäenblut festzustellen. Die Wirtschaftsform ist die der Jäger und Sammler in ursprünglichster Ausprägung, und zwar üben die Männer die Jagd aus, die Frauen die Sammeltätigkeit. Haustiere gibt es nicht, mit Ausnahme des Hundes, der für die Jagd gebraucht wird. Als Waffe dient der Bogen mit vergifteten Pfeilen.. Kulturell bemerkenswert ist die Herrschaft der Einehe.

Der Vortr. kam dann auf die vorgeschichtlichen Funde zu sprechen. Die ersten tierischen Fossilien wurden auf der damals trocken liegenden Ebenheit des Njarasa-Sees gefunden. Sie lagen auf einer rötlichen Sandsteinschicht, zum Teil lose, zum Teil ganz oder teilweise von der Schicht umschlossen, auf jeden Fall aber ihr zugehörig. In gleicher Weise fanden sich Keile, Steinwerkzeuge und bearbeitete Knochen. Später wurde an derselben Stelle weitergesucht, mit dem Ergebnis, daß am 29. und 30. November 1935 auf einer Stelle von 1,5 × 1,5 m wichtige Teile eines menschlichen Schädels entdeckt wurden. Aus den im ganzen 200 Schädelresten wurde nach der Rückkehr durch Weinert der *Africanthropus njarasensis* rekonstruiert. Er gehört der Stufe der Vormenschen an wie der Homo Heidelbergensis, der Sinanthropus und der Pithecanthropus. Im gleichen Gebiet wurden noch zwei Reste anderer menschlicher Schädel gefunden.

Zur weiteren Erforschung des Menschenfundortes wurde 1937—1939 eine neue Expedition unternommen. 20 Grabungen, durch die ein Schichtpaket von 11 m Mächtigkeit erschlossen wurde, erwiesen, daß es sich um eine einheitliche Formation handelt: vorwiegend arid-sandige, in frischem Zustande meist rötliche Ablagerungen. An drei Stellen der Njarasa-Bank wurden noch weitere fossile Menschenreste gefunden. Gleichzeitig wurde unter Leitung der Gattin des Vortr. in 8monatiger ununterbrochener Arbeit die sog. Mumbahöhle bis zu einer Tiefe von 10,5 m freigelegt. Es handelt sich offenbar um einen vorgeschichtlichen Wohnraum, der im Laufe der Jahrtausende durch Staub und Felstrümmer verschüttet worden ist. Die Wände zeigen zahlreiche Spuren primitiver Malereien; die Zahl der Fundstücke allein an Artefakten und Tierresten betrug weit über 100000; außerdem wurden 11 menschliche Skelette gefunden. In der Nachbarschaft wurden eine Reihe von Grabsetzungen freigelegt, die dem Mesolithikum bzw. Neolithikum zuzurechnen sind; weitere vorgeschichtliche Gräberfunde wurden am Ostrande des Njarasa-Sees gemacht.

Dann verlegte die Expedition ihr Arbeitsgebiet noch in die Süd-Serengeti. Hier wurde neben weiteren Menschenresten eine ausgedehnte frühdiluviale Bank mit wertvollen Tierformen und Frühformen menschlicher Werkzeuge entdeckt. Besonders wertvoll ist der Fund von Resten eines fossilen Menschenaffen, der wohl als eine Ahnenform für die Anthropusstufe aufzufassen ist.

Zum Schluß zeigte der Vortr. zwei Filme, die einen anschaulichen Einblick in das Leben der Tindiga, ihre Jagden, Spiele und primitiven Tänze gewährten.

Mit diesem Vortrage, der einen weiteren Kreis von Zuhörern mit wichtigen wissenschaftlichen Entdeckungen bekannt machte, war die koloniale Vortragsreihe der Gesellschaft für Erdkunde abgeschlossen.

Kurt Kaehne.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Fritz Süffert, Berlin W 9,
Springer-Verlag in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.